10.14458/RSU.res.2014.88
เมื่อ 25/02/2562 17:46:32

# การวิเคราะห์อัตราการเสื่อมสภาพของลูกปืนแท่นรีดในกระบวนการผลิตเหล็กเส้น

# Analysis of Deterioration Rate of the Roll Stand Bearing in the Steel Bar Production Process

พิชญา ชิตสมบัติ[1] สาวิตรี อักษรพูนทรัพย์[1] นิติมา อัจฉริยะโพธา[2*] อังกูร หวังวงศ์ชัย[1]

Pitchaya Chitsombat[1] Sawitree Auksornpoonsub[1] Nitima Aschariyaphotha[2*] and Angkool Wangwongchai[1]

*[1]ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*
*ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140*
*[2]ศูนย์บริการทางการศึกษาราชบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*
*ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140*
**Corresponding author, Email: nitima.asc@kmutt.ac.th*

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอายุการใช้งานเฉลี่ยของลูกปืนแท่นรีด และหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับอัตราการเสื่อมสภาพของลูกปืนแท่นรีดในกระบวนการผลิตเหล็กเส้น ข้อมูลที่รวบรวมได้มีจำนวน 73 ข้อมูล งานวิจัยนี้ใช้การแจกแจงแบบไวบูลล์ ผลการวิจัยพบว่าอายุการใช้งานเฉลี่ยคือ 13,708 ชั่วโมง และอัตราการเสื่อมสภาพจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อมีการใช้งานเกินกว่า 12,000 ชั่วโมง ลูกปืนแท่นรีดมีอายุการใช้งานได้เกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด แต่ก็ไม่ควรใช้งานจนลูกปืนแตกเพราะจะทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิต

***คำสำคัญ:*** *ลูกปืนแท่นรีด กระบวนการผลิตเหล็กเส้น การแจกแจงแบบไวบูลล์*

**Abstract**

This research aims to find the average lifetime of a roll stand bearing and the relationship between the lifetime and deterioration rate of roll stand bearings during the steel bar production process. Seventy-three sets of lifetime data from roll stand bearings were taken as the sample. The Weibull distribution was used in the data analysis. The results show that the average lifetime was 13,708 hours, and the deterioration rate rapidly increased when the lifetime exceeded 12,000 hours. The lifetime of roll stand bearings was greater than specified by the manufacturer but they should not be used to the limit because broken roll stand bearings result in lost in production time.

***Keywords:*** *roll stand bearing, steel bar production process, Weilbull distribution*

10.14456/RSU.res.2014.88
เมื่อ 25/02/2562 17:46:32

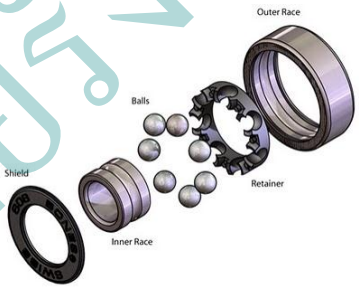
## 1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตเหล็กนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศ เนื่องจากเหล็กเป็นโลหะที่เป็นวัตถุดิบขั้นพื้นฐานในการผลิตของอุตสาหกรรม งานก่อสร้าง อุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์ ถนน สะพาน อาคาร บ้านเรือน ฯลฯ อุตสาหกรรมเหล็กจึงเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศแต่ละประเทศ และยังเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่สำคัญของโลกด้วย เนื่องจากเหล็กเป็นตัวแปรหนึ่งที่สามารถชี้แนวทางในการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจได้ ในกระบวนการผลิตเหล็กเส้นนั้นทางโรงงานได้ใช้แท่นรีดในการรีดเหล็ก ถ้าลูกปืนแท่นรีดที่ใช้นั้นเกิดมีปัญหา เช่น ลูกปืนแตกในระหว่างการผลิตจะทำให้การผลิตหยุดชะงัก เสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายในการผลิต

สุริยา สารมาตย์ และ เทอดเกียรติ ลิมปีที ปราการ (2553) ได้ใช้สถิติไวบูลล์วิเคราะห์ความเสียหายของตลับลูกปืนในล้อรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนภายในประเทศ ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วเป็นระยะเวลา 6 ปี การวิเคราะห์เริ่มต้นจากการศึกษาลักษณะความเสียหายของตลับลูกปืน โดยอาศัยการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนหน้าสัมผัสตลับลูกปืนต่อพื้นที่ผิวที่รับภาระทั้งหมดจากการศึกษาพบว่าตลับลูกปืนที่ผ่านการใช้งานตามระยะเวลาที่กำหนดสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ระดับคือระดับ A, B และ C กล่าวคือระดับ A จะมีอายุการใช้งานได้อีกประมาณ 3-5 ปี ระดับ B จะมีอายุการใช้งานได้อีกประมาณ 2-3 ปี และระดับ C จะมีอายุการใช้งานค่อนข้างน้อยจึงไม่นำไปใช้งาน เนื่องจากไม่คุ้มค่ากับการบำรุงรักษา

ลูกปืน (bearing) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับการหมุนของเพลา โดยลูกปืนมีหน้าที่ถ่ายทอดแรงที่เกิดขึ้นจากเพลาลงไปสู่ฐานเครื่องยนต์ และลดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ทำให้ช่วยเพิ่มสมรรถนะของเครื่องจักรกลต่างๆ ลดการสึกหรอ แต่ตลับลูกปืนมักจะเสื่อมสภาพเร็วเนื่องจากลูกปืนถือว่าเป็นจุดวิกฤตของเครื่องมือกล ลูกปืนทำหน้าที่ลดความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ทำให้สามารถลดปริมาณพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการขับเคลื่อนเครื่องจักร

ลูกปืนประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก คือ เม็ดลูกกลิ้ง แหวนใน แหวนนอก และรัง ดังรูปที่ 1




**รูปที่ 1** ชิ้นส่วนภายในลูกปืน (บริษัท เอส เค เอฟ (ประเทศไทย), 2536)

ส่วนใหญ่การใช้งานลูกปืนแท่นรีดสามารถใช้งานได้มากกว่าอายุการใช้งานที่ผู้ผลิตแนะนำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเงื่อนไขและสภาวะการใช้งานที่แตกต่างกัน คณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับอายุการใช้งานจากบริษัทผลิตเหล็กแห่งหนึ่ง และนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์อายุการใช้งานของลูกปืนแท่นรีดโดยใช้สถิติของการแจกแจงไวบูลล์ (Weibull distribution)

## 2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับอัตราการเสื่อมสภาพของลูกปืนแท่นรีด

10.14456/RSUres.2014.88
เมื่อ 25/02/2562 17:46:32

2. เพื่อหาอายุการใช้งานเฉลี่ยของลูกปืนแท่นรีด

3. เพื่อวิเคราะห์อัตราการเสื่อมสภาพของลูกปืนแท่นรีดในกระบวนการผลิต

**3. อุปกรณ์และวิธีการ**

3.1 ฟังก์ชันการแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull distribution)

การแจกแจงไวบูลล์เป็นการแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตร เบ้ซ้ายและเบ้ขวา มักใช้ในการจำลอง เพื่อหาอายุการใช้งานของระบบต่างๆ จนกระทั่งระบบใช้งานไม่ได้ จึงเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่ต้องมีการทำลายหน่วยตัวอย่าง และนิยมใช้วิเคราะห์ความเชื่อถือได้ (Reliability) หรือความเสี่ยง (Risk) ในการใช้อุปกรณ์ต่างๆ (Barreto-Souza et al., 2010) ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบไวบูลล์ คือ

$$f(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x < 0 \\ \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{2}\right] & ; \quad x \geq \gamma \end{cases}$$

เมื่อ $x$ คือตัวแปรสุ่มแบบไวบูลล์

$\gamma(\gamma > 0)$ เป็นพารามิเตอร์เกี่ยวกับตำแหน่ง

$\beta(\beta > 0)$เป็นพารามิเตอร์เกี่ยวกับรูปร่าง

$\alpha(\alpha > 0)$เป็นพารามิเตอร์เกี่ยวกับขนาด

ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม คือ

$$F(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x < \gamma \\ 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta}\right] & ; \quad x \geq \gamma \end{cases}$$

ค่าเฉลี่ยการแจกแจงไวบูลล์ คือ

$$E(x) = \gamma + \alpha\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$$

และความแปรปรวน (Variance) ของการแจกแจงแบบไวบูลล์คือ

$$V(x) = \alpha^2\left[\Gamma\left(\frac{2}{\beta} + 1\right) - \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)^2\right]$$

งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม EasyFit 5.5 Professional เพื่อคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างชั่วโมงใช้งานกับอัตราการเสื่อมสภาพของลูกปืนแท่น ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้คือ $\gamma = 7.29 \times 10^7$, $\alpha = 1.73 \times 10^8$ และ $\beta = 1.73 \times 10^8$

3.2 ข้อมูลแท่นรีดยี่ห้อ SKF

งานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลลูกปืนแท่นรีดยี่ห้อ SKF #313812 จำนวน 154 ข้อมูล ซึ่งแยกสัดส่วนสาเหตุการเปลี่ยนลูกปืนแท่นรีด ดังตารางที่ 1

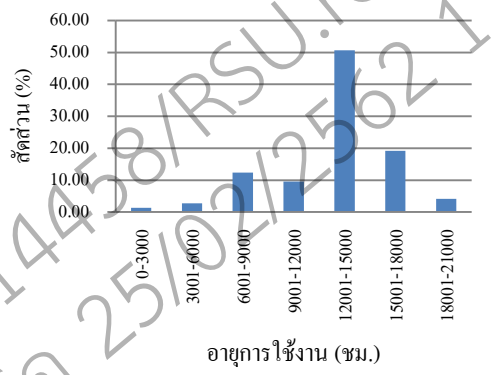
**ตารางที่ 1** สาเหตุการเปลี่ยนลูกปืนแท่นรีด

| สาเหตุ | เปอร์เซ็นต์ |
|---|---|
| ลูกปืนแตก | 65.4 |
| ลูกปืนร้าว | 2.4 |
| ลูกปืนเป็นรอย | 11.9 |
| ลูกปืนเป็นสนิม | 2.4 |
| เปลี่ยนจาระบี | 17.9 |

การเปลี่ยนลูกปืนแท่นรีดอันเนื่องมาจากสาเหตุลูกปืนแตกมีสัดส่วนมากที่สุดถึง 65.4% งานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาข้อมูลลูกปืนแท่นรีดเฉพาะกรณีที่ลูกปืนแตกเท่านั้น ซึ่งมีข้อมูลทั้งหมด 73 ข้อมูล

การบำรุงรักษาในปัจจุบันไม่ค่อยได้ผลเท่าที่ควร ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการที่ลูกปืนเกิดความเสียหายอย่างกะทันหันในระหว่างการผลิต สัดส่วนอายุการใช้งานลูกปืนแท่นรีด (ชม.) แสดงดังรูปที่ 2

10.14458/RSU.res.2014.88
เมื่อ 25/02/2562 17:46:32




**รูปที่ 2** อายุการใช้งานของลูกปืน (ชม.) ในการเปลี่ยนลูกปืนเนื่องจากลูกปืนแตก

## 4. ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

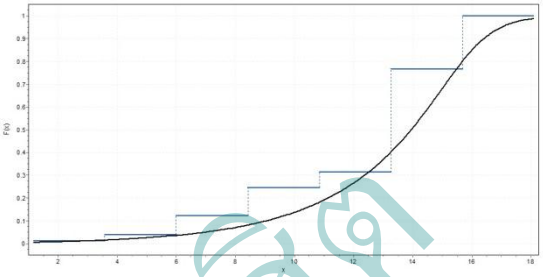
บริษัท เอส เค เอฟ (ประเทศไทย) (2536) แนะนำค่าการสึกหรอ (Clearance) ของลูกปืนแท่นรีดยี่ห้อ SKF อยู่ที่ 0.20 – 0.26 mm. ซึ่งเมื่อนำข้อมูลลูกปืนแท่นรีดยี่ห้อ SKF #313812 ที่รวบรวมได้ มาคำนวณค่าการสึกหรอและปริมาณการผลิต สามารถจำแนกตามช่วงค่าการสึกหรอ ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ระดับปริมาณการผลิต (ตัน) ของลูกปืนแท่นรีด

| Clearance (mm.) | ปริมาณการผลิต (ตัน) | เปอร์เซ็นต์ |
|---|---|---|
| < 0.20 | < 132,704 | 0% |
| 0.20 - 0.26 | 132,704 - 172,515 | 3% |
| 0.26 - 0.58 | 172,515 - 382,146 | 23% |
| 0.58 – 0.70 | 382,146 - 464,464 | 66% |
| > 0.70 | > 464,464 | 8% |

จากตารางพบว่า ในช่วงที่ค่า Clearance อยู่ที่ 0.20 – 0.26 mm. ตามมาตรฐานคู่มือ SKF มีเพียง 3% เท่านั้น อีก 97% สามารถใช้งานได้มากกว่าที่กำหนด

อายุการใช้งานเฉลี่ยของลูกปืนแท่นรีดเมื่อคำนวณด้วยสถิติไวบูลล์มีค่า 13,708 ชั่วโมง และความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับอัตราการเสื่อมสภาพของลูกปืนแท่นรีดแสดงดังรูปที่ 3



**รูปที่ 3** กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของลูกปืนแท่นรีด ($\times 10^3$ ชม.) กับอัตราการเสื่อมสภาพ

จากรูปที่ 3 พบว่าอัตราการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงแรก และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อมีการใช้งานเกินกว่า 12,000 ชั่วโมง แต่ไม่สามารถใช้งานได้เกิน 18,000 ชั่วโมง

## 5. การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาข้อมูลลูกปืนแท่นรีดเฉพาะกรณีที่ลูกปืนแตกเท่านั้น เนื่องจากเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เปลี่ยนลูกปืนแท่นรีด ข้อมูลที่ใช้จึงมี 73 ข้อมูล ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์คำนวณโดยใช้โปรแกรม EasyFit 5.5 Professional จากผลการวิจัยพบว่าอายุการใช้งานเฉลี่ยของ การใช้งานลูกปืนแท่นรีดลูกปืนแท่นรีดมีค่า 13,708 ชั่วโมง และอัตราการเสื่อมสภาพจะเริ่มเพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วง 12,000 – 16,000 ชั่วโมง จึงไม่ควรใช้งานเกินช่วงนี้ เพราะลูกปืนมีความเสี่ยงสูงที่จะแตก

## 6. บทสรุป

จากผลการวิจัยพบว่าการใช้งานลูกปืนแท่นรีดสามารถใช้งานได้เกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด แต่ก็ไม่ควรใช้งานจนลูกปืนแตกเพราะจะทำให้เกิดความสูญเสียตามมา ซึ่งจากงานวิจัยนี้พบว่ามีลูกปืนแท่นรีด

ที่ใช้งานได้เกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดถึง 97% และเมื่อศึกษาเพิ่มเติมถึงอายุการใช้งานของลูกปืนแท่นรีดพบว่าช่วงอายุการใช้งานที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 12,000 – 16,000 ชั่วโมง เนื่องจากในช่วงนี้มีอัตราการเสื่อมสภาพที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นหากใช้งานเกินอาจทำให้ลูกปืนแตกได้

**7. กิตติกรรมประกาศ**

ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณสมชาย คำภู่ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลลูกปืนแท่นรีด ขอขอบคุณภาควิชาคณิตศาสตร์ สำหรับสถานที่วิเคราะห์ผล ขอขอบคุณ อาจารย์ธเนศ จิตต์สุภาพรรณ สำหรับคำแนะนำการใช้โปรแกรม

**8. เอกสารอ้างอิง**

บริษัท เอส เค เอฟ (ประเทศไทย) จำกัด. (2536). คู่มือลูกปืน, หน้า 71-167.

สุริยา สารมาตย์ และ เทอดเกียรติ ลิมปิทีปราการ. (2553). การวิเคราะห์ความเสียหายเพื่อที่จะหาอายุการใช้งานของตลับลูกปืนในล้อรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน. ในเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์, หน้า 83-90. กรุงเทพฯ.

Barreto-Souza, W., Morais, A. L. and Cordeiro, G. M. (2010). “The Weibull-Geometric Distribution”. Journal of Statistical Computation and Simulation, 60:35–42.

10.14458/RSD.res.2014.88 เมื่อ 25/02/2562 17:46:32 มหาวิทยาลัยรังสิต