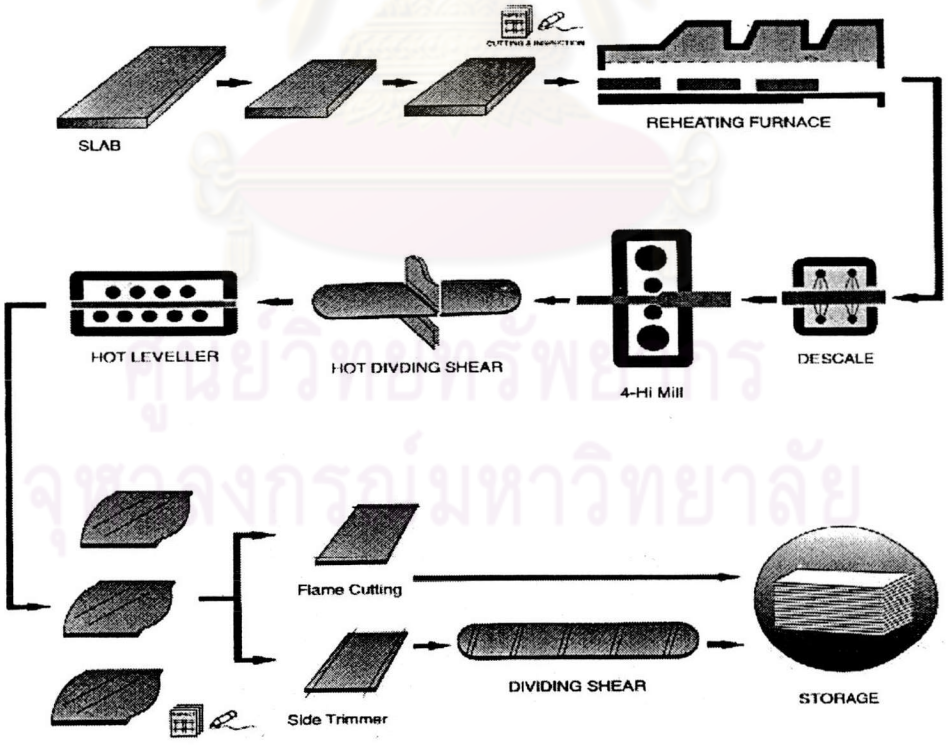
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน ส่วนที่สำคัญที่สุดของกระบวนการผลิตก็คือกระบวนการรีดซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานวิจัย เพื่อที่จะควบคุมความหนาของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในค่าที่กำหนด ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงกระบวนการรีดและทฤษฎีที่แสดงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน

เพื่อความเข้าใจในขั้นตอนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนเบื้องต้นจึงขออธิบายขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยสังเขปดังนี้



รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน

2.1.1 การตัดเตรียมวัตถุดิบ (SLAB Preparation)

เป็นตัดแบ่งย่อยก้อน Slab วัตถุดิบ ให้ได้ขนาดที่เหมาะสมตามใบสั่งผลิต โดยใช้เครื่องตัดแก๊สกึ่งอัตโนมัติ พร้อมทั้งมีการตรวจสอบขนาด และกำหนดหมายเลขผลิตภัณฑ์ขั้นตอนก่อนถูกส่งไปจัดเรียง รอป้อนเข้าเตา ตามลำดับการผลิตต่อไป

รูปที่ 2.2 การจัดเตรียมวัตถุดิบ (SLAB)

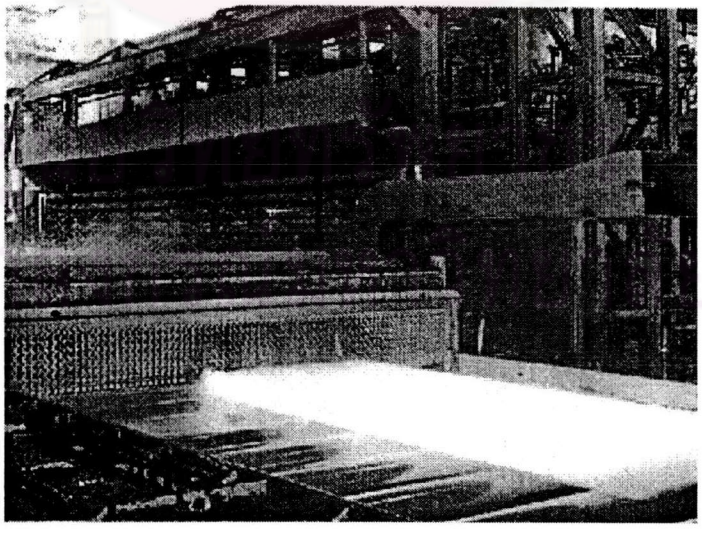
2.1.2 การอบให้ความร้อนแก่วัตถุดิบ (Re-heating)

Slab วัตถุดิบ จะถูกป้อนเข้าทางด้านหน้าเตา และจะค่อยๆ เคลื่อนที่เข้าสู่เตาอย่างช้าๆ ด้วยระบบ Walking Beam โดยมี Hydraulic System เป็นตัวขับเคลื่อน Slab วัตถุดิบจะเคลื่อนที่ผ่าน Zone ควบคุมการเผาไหม้ต่างๆ ได้แก่ Preheat Zone, Heating Zone, Soaking Zone และ Screen Zone ตามลำดับ เชื้อเพลิงที่ใช้คือน้ำมันเตาเกรด “C” จนเมื่อ Slab ได้อุณหภูมิตามเป้าหมาย (Discharge Temp) ก้อน Slab ก็จะถูกนำออกจากเตา ด้วยระบบแขนยก (Extractor Arm) นำส่งไปยัง Process ต่อไป

รูปที่ 2.3 การอบให้ความร้อนแก่วัตถุดิบ

2.1.3 การฉีดไล่ออกไซด์ (Descale Box)

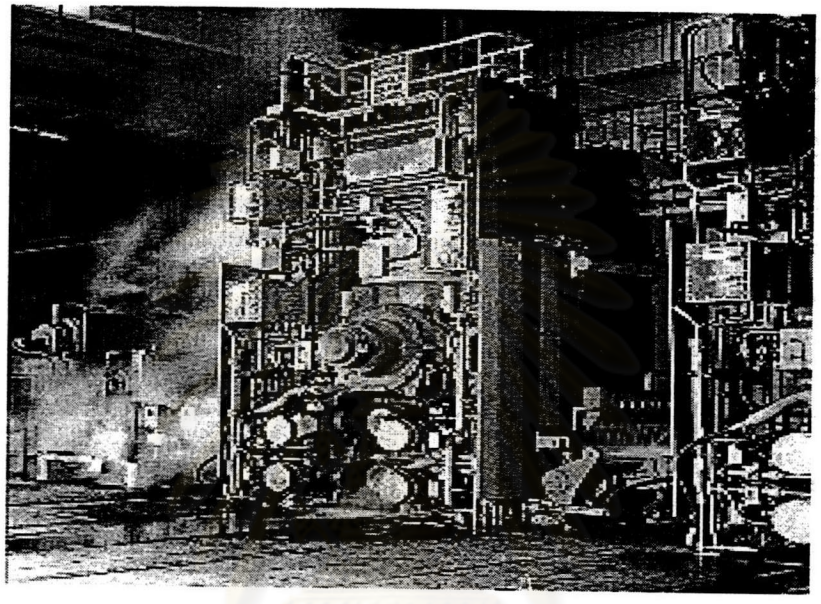
ชิ้นงานที่นำออกจากเตาจะมีเหล็กออกไซด์ปกคลุมผิวอยู่ ซึ่งจำเป็นต้องขจัดออกไป เพื่อไม่ให้ฝังอยู่ในเนื้อเหล็กขณะรีด โดยการฉีดน้ำแรงดันสูง 138 Bar ผ่านหัว Nozzle เข้าที่แผ่น Slab ทั้งบนและล่าง Scale หรือเหล็กออกไซด์ ก็จะหลุดออก



รูปที่ 2.4 การฉีดไล่ออกไซด์

2.1.4 การรีดลดขนาดที่แท่นรีด

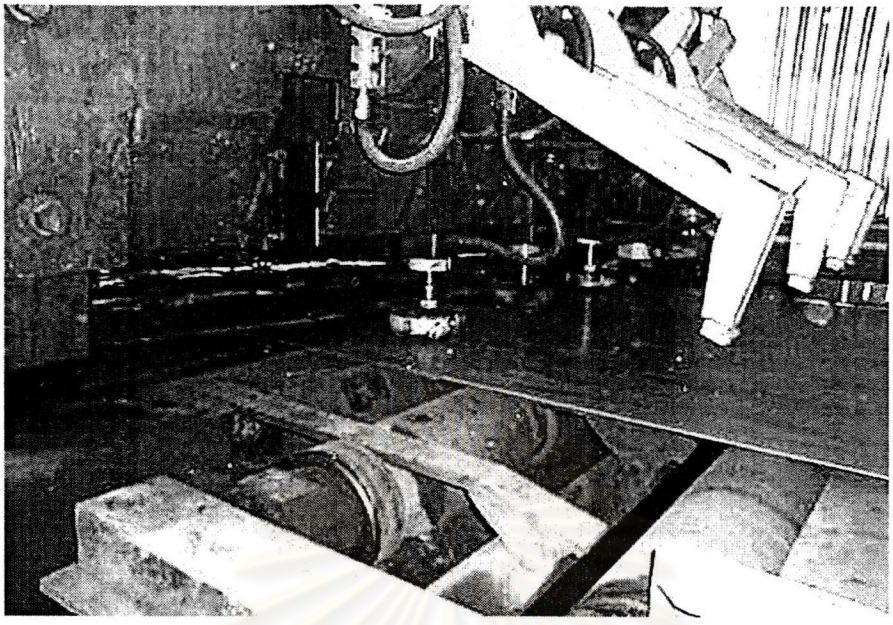
ทำหน้าที่ในการรีดลดขนาดให้ได้ตามที่กำหนด เป็นแท่นรีดแบบ 4-Hi Reversing Mill Stand แรงกด 4,500 ตัน เมื่อวัตถุดิบผ่านการฉีดไล่ออกไซด์จะถูกนำเข้าแท่นรีด โดยจะรีดผ่านลูกรีดกลับไปกลับมาและค่อย ๆ ลดความหนาลงในแต่ละครั้งที่วิ่งผ่านจนได้ความหนาของเหล็กแผ่นตามต้องการ



รูปที่ 2.5 การรีดลดขนาด

2.1.5 การตัดแบ่งร้อน (Hot Dividing Shear)

Plate ที่ถูกตัดแบ่งครั้งนี้ เรียก "Mother Plate" ลักษณะการทำงาน ใช้ Eccentric Shaft 2 ตัว (เพลาเยื้องศูนย์) และขับด้วย DC Motor ที่ 150 HP. ด้านในของเครื่องตัด จะมี Depressing Table ขับด้วย Motor ที่ 60 HP. 1300 RPM และที่ชุด Bearing & Cover ในส่วนของ Depressing Table จะมีน้ำมา Cool เพื่อระบายความร้อนด้วย ส่วนด้านหน้าจะมีอุปกรณ์ที่คอยป้องกันแผ่น Plate เคลื่อนตัวเข้ามา แล้วมาชนใบมีด เรียกว่า "Knock Down" ระยะเปิดสุดจากส่วนบนสุดของลูก Roll ไปถึงส่วนต่ำสุดของ Knock Down เท่ากับ 80 m.m. ส่วนใบมีดจะเปิดได้สุด 120 M.M. การปรับ Gap ที่ใบมีดปรับได้เฉพาะใบมีดล่างในแนว Vertical (ขึ้น-ลง) Plate ที่ถูกตัดจะต้องผ่านการรีดเรียบ อุปกรณ์หรือเครื่องนี้เรียกว่า "Hot Leveler"



รูปที่ 2.6 การตัดแบ่งร้อน

2.1.6 การรีดผิวเรียบ (Hot Leveler)

Plate จะวิ่งผ่านเข้าเครื่อง ซึ่งมีลูก Roll เพื่อรีดให้ Plate เรียบ ลักษณะของ Roll จะคล้ายคลึงกับในส่วนของ Mill คือจะมี Roll วางซ้อนกัน 4 ลูก ด้านบนสุด เรียก Top Back-up Roll มี 4 ลูก ด้านล่างสุด เรียก Bottom Work Roll มี 5 ลูก ส่วนช่วงกลาง ซึ่งมีขนาด, เล็กกว่า Back-up Roll, ตัวบนเรียก Top Work Roll มี 4 ลูก, ตัวล่างเรียก Bottom Work Roll มี 5 ลูก ซึ่งในการปรับ Gap ที่ Roll นี้จะมี Screw Down ทั้ง 4 ตัวอยู่ด้านบน จะถูกขับด้วย Motor ที่ 60 HP. และยังมี Hydraulic Cylinder อีก 4 ตัว เป็นตัวช่วยในการปรับ Roll Gap ด้วย เมื่อปรับ Gap Screw Down จะทำให้ Top Work Roll และ Top Back-up Roll เคลื่อนที่ขึ้นทั้งชุด และที่ Top Work Roll ลูก Roll ด้านนอกสุด 2 Roll คือด้าน Entry กับ Exit ยังสามารถแยกการปรับระยะ Roll Gap ได้ต่างหาก สามารถปรับได้โดยใช้ Motor ที่ 1 HP. จำนวน 2 ตัว ที่ Top & Bottom Work Roll จะหมุนหรือถูกส่งกำลังด้วย Motor ที่ 300 HP. 920 RPM. และยังมีระบบน้ำเพื่อมา Cool ด้านในของ Work Roll ด้านอีกทั้งมี Blower เพื่อเป่าระบายความร้อนให้แก่ชุดเกียร์ และบริเวณรอบๆ ภายนอกของผิด Roll ตำแหน่ง Gap ที่เปิดได้สุด คือ 65 m.m.

รูปที่ 2.7 การรีดผิวเรียบ

2.1.7 แท่นพักเย็น (Cooling Bed)

เมื่อผ่าน Leveler แล้ว Plate ก็จะถูกส่งต่อไปยัง Cooling Bed มีหน้าที่ในการรับแผ่นเหล็กที่ผ่านมาจาก Hot Leveler เข้ามาระบายความร้อน เพื่อลดอุณหภูมิของแผ่นเหล็กลง ก่อนจะเข้าสู่ระบบการ Side Trimmer ต่อไป โดย Cooling Bed จะประกอบด้วย Run-In Table และ Run-Out Table ซึ่งแบ่ง Table เป็น 3 Section ส่วนบริเวณ Cooling Bed จะแบ่งออกเป็น 3 Bank แต่ละ Bank มี Dog Chain ทั้งหมด 6 เส้น สำหรับทำงานในแต่ละ Section บริเวณ Bank 3 ของ Cooling Bed จะมี Turn Over Arm ซึ่งเป็นแขนยกขึ้นด้วย Hydraulic Cylinder สำหรับการตรวจสอบ Plate ทางด้านหลัง และในช่วง Bank ที่ 3 Plate จะมีอุณหภูมิลดลงเกือบถึงอุณหภูมิห้อง ทางพนักงานตรวจสอบคุณภาพ จะเข้าไปทำการตรวจสอบขนาดและคุณภาพโดยละเอียด พร้อมทั้งพ่น Code ต่างๆ ลงบนผิวหน้า Plate

รูปที่ 2.8 แท่นพักเย็น

2.2 อธิบายขั้นตอนการรีดลดขนาดโดยละเอียด

Slab ก็จะวิ่งผ่าน Table และมาหยุดอยู่ที่หน้า Mill ซึ่งตำแหน่งที่ Slab หยุดอยู่เป็นตำแหน่งของ "Front Mill Turn Table" ซึ่ง Table นี้ออกแบบมาโดยขนาดความโตของ Roll ต่างกัน (Champagne Roll) เมื่อมี Motor 2 ตัว ขับหมุนสวนทางกันก็จะทำให้สามารถหมุน Slab ได้ช่วงด้านหน้าก่อนเข้า Mill และออกจาก Mill (Front & Back) จะมีอุปกรณ์ซึ่งเรียกว่า "Front Side Guide" และ "Back Side Guide" ติดตั้งอยู่ทั้งด้าน Operator & Drive Side อุปกรณ์ก็จะทำงานคล้ายกับ Extractor Arm ซึ่งเป็น Pinion กับ Rack แต่ใช้ Hydraulic Cylinder เป็นตัวขับเคลื่อนเมื่อ Slab หยุดอยู่ตรง Front Mill Turn Table ถ้าในตารางการผลิต Slab ก้อนนี้ให้มีการรีดหน้ากว้าง (Broadside Pass) จะใช้ Joy Stick โยก เพื่อสั่งให้ Motor หมุนสวนทางกัน Slab ก็จะถูกหมุนพร้อมที่จะนำเข้ารีด ส่วน Back Side Guide ก็จะเคลื่อนถอยออกตำแหน่งปลอดภัยหรือตำแหน่งเปิดสุด Slab ก็จะเลื่อนเข้าสู่ Mill ไปอยู่ด้านหลัง Mill และหยุด Back Side Guide ก็จะเลื่อนเข้าหา เพื่อจัด Slab ให้ได้ฉาก ส่วน Front Side Guide ก็จะเลื่อนออกตำแหน่งปลอดภัย หรือเปิดสุด Slab ก็จะถูกรีดกลับมาอยู่ด้านหน้า Mill การรีดก็จะดำเนินไปตาม Rolling Schedule จะรีดกลับไปกลับมา (Reversing) Front Side & Back Side Guide ก็ยังทำหน้าที่คอยประคอง Slab ที่ถูกรีดกลับไปกลับมาตลอดเวลา ซึ่งช่วงนี้เรียกว่า "Intermediate Pass" และที่ Mill ก็จะมีการ Descale ด้วย ทั้งด้าน Entry & Exit และด้านบน & ล่าง และขณะที่ทำการรีด ก่อนการรีดทุกครั้ง ค่าของ "Roll Gap"

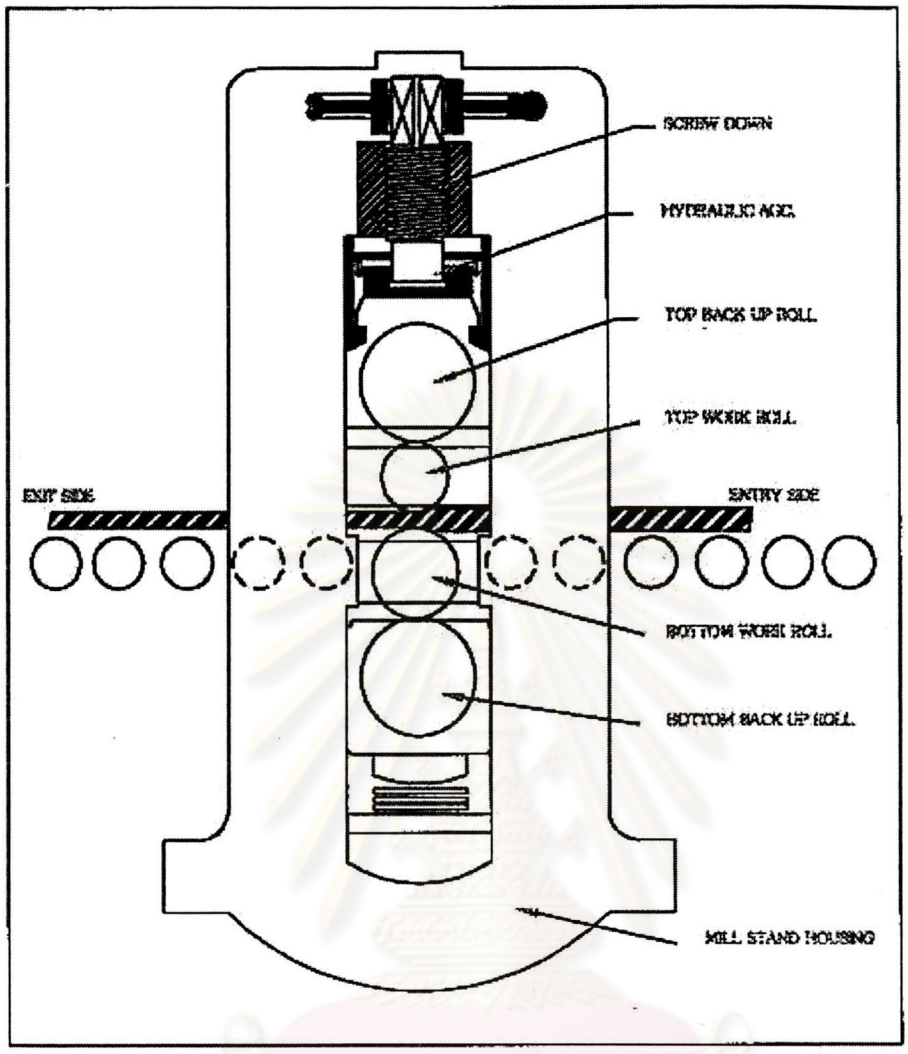
(ระยะช่วงห่างของลูกรีดของ Top & Bottom Work Rolls) จะถูกปรับค่าตลอดเวลา คือเมื่อก่อนจะเริ่ม Pass#1 ก็จะมีการปรับค่า Roll Gap รอไว้และเมื่อรีดไปอยู่หลัง Mill แล้วจะเริ่ม Pass#2, ก็จะมีการปรับค่า Roll Gap รอไว้ เป็นแบบนี้ ไปจนจบที่ Pass สุดท้าย (Last Pass)

ในส่วนของ Mill ยังมี Header และ Nozzle ของระบบ Cooling เพื่อระบายความร้อน ให้แก่ Work Roll ทั้ง 2 ลูก ทั้งด้านบนและด้านล่าง และด้าน Exit & Entry อีกทั้งยังมีระยะ Fume Suppressor Nozzle สำหรับฉีดน้ำเพื่อป้องกันควันที่จะเกิดขึ้นขณะรีดโดยจะติดอยู่กับ Top & Bottom Stripper ที่แท่นรีดมีลูกรีด หรือ Roll ด้วยกันทั้งหมด 4 ลูก ซึ่งลูกล่างและบนสุดเรียก Bottom & Top Back-up Roll จะมีขนาดใหญ่กว่า Work Roll การที่กำหนดให้มีลูกรีด 4 ลูก เพราะจะช่วยป้องกันมิให้มีการโก่งตัวของ Work Roll ในขณะที่ทำการรีดโดย Work Roll จะถูกขับด้วย DC Motor ขนาด 4,500 HP จำนวน 2 ตัว ส่ง Back-up Roll จะหมุนแบบอิสระ โดยใช้ระบบ Oil Bearing (Morg Oil) จากห้อง Oil Cellar และที่ Work Roll ยังกำหนดให้ขนาดวามโตตรงช่วงกลางของ Roll โตกว่าตรงช่วงปลายทั้งสองข้าง หรือเรียกว่า "Crown" คือ ค่าความแตกต่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางตรงช่วงกลางกับตรงส่วนปลาย Roll

เมื่อใช้ Top และ Bottom Back-up Roll มาใช้ในกระบวนการรีด ซึ่ง Top Back-up Roll จะมีน้ำหนักมาก จึงมีอุปกรณ์ที่ต้องมาช่วยพยุง หรือชดเชยน้ำหนักของ Roll ไว้ เรียกว่า "Roll Balance" ซึ่งใช้ Hydraulic Cylinder ตัวกลาง เป็นตัวรับน้ำหนักไว้ตลอดเวลา แต่เมื่อทำการรีดที่ Hydraulic Cylinder ของระบบ AGC. ที่อยู่ปลาย Screw Down มีการเคลื่อนที่ ของกระบอกสูบของระบบ AGC แรงของ Hydraulic Cylinder ที่รับ Roll Balance ก็จะต้านแรงของ Hydraulic ของระบบ AGC ไม่ได้ ก็ทำให้ Roll ถูกกดลงและปรับค่า Roll Gap ได้อุปกรณ์ที่ทำให้มีการปรับ Roll Gap ได้ จะอยู่ตรงส่วนบนของ Housing หรือ Mill ซึ่งเรียกรวมเป็นชุดของ "Screw Down" เป็นตัวปรับหยาบ ทำให้ Roll เคลื่อนที่ลงได้ ซึ่งถูกขับด้วย Motor ทั้งด้าน Drive & Operator Side ด้านบนขับผ่านชุด Gear Reducer ส่งกำลังมายัง Warm Gear (เฟืองตัวหนอน) และส่งผ่านมาที่ Warm ด้านบนของปลาย Screw Down ก็ทำให้ Screw Down หมุนเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ ต่อจากนั้นปลายของ Screw Down จะมีกระบอก Hydraulic ลักษณะกลม ขนาด 1016 M.M. ซึ่งเป็น Hydraulic ของระบบ AGC ยึดติดอยู่ส่วนปลายที่ Screw Down ทั้งด้าน Drive & Operator ซึ่งการเคลื่อนที่ของกระบอก Hydraulic ทั่วๆ ไป และมีระยะการเคลื่อนที่ (Stroke) 35 m.m. และแรงที่กระทำของ Hydraulic นี้ แต่ละตัวมีค่าที่ 1815 MTON. ต่อจาก Hydraulic ของระบบ AGC กระบอก Hydraulic นี้ ก็จะกดต่อลงไปยังบน Chock (หรือชุด Bearing ของ Top Back-up Roll) ทั้ง 2 ด้าน ก็ทำให้ Roll ถูกกดลงและปรับค่า Roll Gab ได้ ซึ่งในระบบ "AGC" (Automatic Gauge Control) หมายถึงการควบคุม หรือปรับค่าช่องห่างของลูกรีด (Roll Gab) แบบอัตโนมัติ โดยจะมีอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับ Hydraulic ของระบบ AGC ที่อยู่ปลาย Screw Down ทั้ง 2 ตัว ซึ่งจะอยู่ทั้งด้าน Operator และ

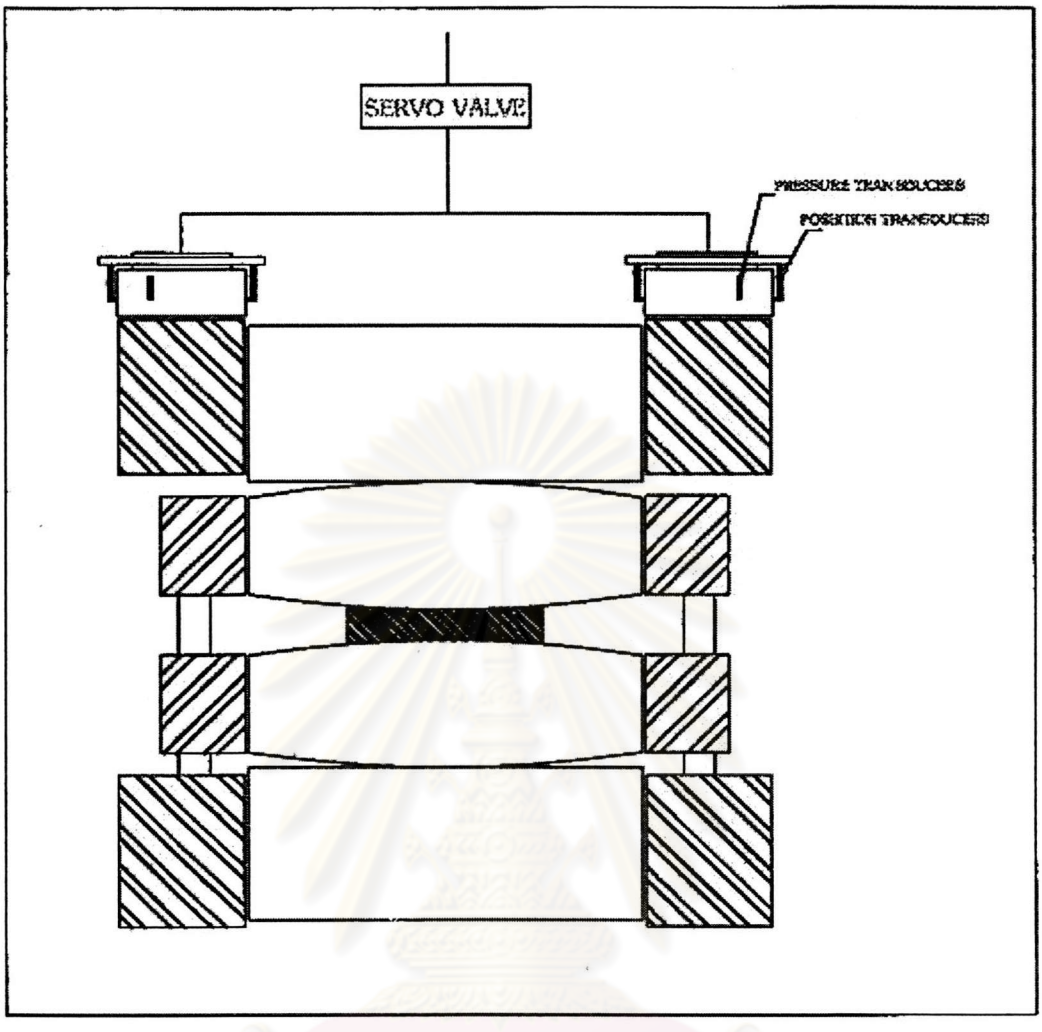
Drive Side รวมเป็น 4 ตัว อุปกรณ์ตัวนี้เรียกว่า "LDT" (Linear Displacement Transformer) มีหลักการทำงานคล้ายกับหม้อแปลง เป็นตัวที่ใช้เซ็คระยะการเคลื่อนที่ของกระบอก Hydraulic ในระบบ AGC และยังมีอุปกรณ์ที่คอยเซ็ค Pressure ในกระบอก Hydraulic ด้วย เรียก "Pressure Transducer" เมื่อข้อมูลค่าความหนาของ Slab ส่งมายัง Computer แล้วในขณะที่ทำการรีด Computer ก็จะสั่งการมายังชุด หรือระบบ Control ของระบบ AGC ให้ทำการปรับค่า Roll Gap ซึ่งเมื่อรับคำสั่งแล้ว ในระบบ AGC จะมี "Servo Valve" เป็นตัวปิด-เปิด น้ำมันเข้าสู่ Hydraulic ของระบบ AGC ตามคำสั่งนั้นๆ ทำให้ปรับค่า Roll Gab ตามที่ต้องการ "LDT" (Linear Displacement Transducer) อุปกรณ์อีเลคโทรนิคนี้ จะถูกติดตั้งอยู่บนส่วนปลายของ Screw Down ด้านบน ซึ่งเป็นตัวเซ็คระยะทางการเคลื่อนที่ของ Screw Down หลักการทำงาน คือที่ส่วนหัวจะส่งคลื่นมากระทบแม่เหล็ก คลื่นที่ถูกส่งลงมากระทบแม่เหล็ก จะส่งคลื่นกลับไปยังส่วนหัว ซึ่งเวลาถูกสั่งลงมากระทบแม่เหล็ก และถูกส่งกลับไป ก็จะเอาระยะเวลาที่สูญเสียไป มาคำนวณทำให้ทราบระยะทางการเคลื่อนที่ของ Screw Down ได้ และยังมี Limit Switch ด้านส่วนบนสุด เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของ Screw Down เคลื่อนที่เลยตำแหน่งสูงสุด ซึ่ง Motor ที่ใช้ขับเคลื่อน Screw Down นี้เป็น DC Motor ทั้ง 2 ตัว ที่ 150 H.P., 1150 RPM. เมื่อผ่านการรีดครั้งสุดท้ายแล้ว (Last Pass) Plate ก็จะถูกส่งมายังเครื่องตัดแบ่ง เรียกว่า "Hot Dividing Shear"

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบด้านหน้าของแท่นรีด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบด้านข้างของแท่นรีด

2.3 Disturbances Affecting Gauge Performance

Disturbance ที่มีผลกระทบต่อ Gauge Performance ใน Rolling Mills เกิดขึ้นได้จากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

- อุปกรณ์เชิงกล และ Hydraulic ของ Mill
- ระบบควบคุม Mill
- Strip หรือวัสดุที่นำมารีด

2.3.1 Disturbances ที่เกิดจากอุปกรณ์เชิงกล และ Hydraulic ของ Mill

ความไม่สมบูรณ์ และการแปรค่าของ Parameter ของอุปกรณ์เชิงกล และ Hydraulic สามารถทำให้เกิดการแปรค่าของ No-Load Roll Gap และ Mill Stiffness ซึ่งไม่ต้องการได้ การแปรค่าของ No-Load Roll Gap ปกติจะเกิดจากแฟคเตอร์ต่างๆ ดังนี้

- Roll Eccentricity
- Roll Ovality
- Roll Wear
- Roll Expansion or Contraction
- Roll Balance Force Variation
- Mill Chatter
- Roll Bearing Oil Film Thickness Variation
- Roll Bite Lubricant Film Thickness Variation

เมื่อป้อน Load ให้ Roll การแปรค่าของ Roll Gap จะเกิดมากขึ้น เนื่องจากการ Deflection และ Deformation ของชิ้นส่วนของ Mill ที่ส่งมาจาก Rolling Load ขนาดของการแปรค่าต่างๆ เหล่านี้ จะขึ้นอยู่กับ Mill Structural Stiffness ซึ่งจะเป็นฟังก์ชั่นของ Parameter ต่างๆ ดังนี้

- Roll Diameter
- Roll Crown
- Roll Flattening
- Roll Gap Screw down Extension
- Roll Gap Hydraulic Cylinder Extension
- Bearing Oil Film Thickness
- Roll Bite Lubricant film Thickness

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Rolled Material Width

2.3.2 Disturbances ที่เกิดจาก Mill Control Systems

Disturbances เหล่านี้จะเกิดขึ้นจากความไม่สมบูรณ์เรียบร้อยของระบบควบคุมเหล่านี้

- Mill Speed Control
- Roll Gap Control
- Roll Force Control
- Roll Bending Control
- Roll Balance Control
- Roll Coolant And Lubrication Control
- Strip Tension Control
- Gauge Monitor Control

2.3.3 Disturbance จากวัสดุที่นำมารีด

Gauge Performance อาจได้รับผลกระทบจากการแปรค่าต่างๆ จากรูปทรงของวัสดุ (SLAB)ที่นำมารีดทางด้านป้อนเข้าดังนี้

- Gauge Variation
- Hardness Variation
- Width Variation
- Profile Variation
- Flatness Variation

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 สาเหตุหลักของการแปรค่าความหนา (Principal Causes of Gauge Variable)

สาเหตุหลักของการแปรค่าความหนาในการรีดแบบแบนเรียบ อาจวิเคราะห์ได้จากสมการ Gaugemeter Equation

$$h_2 = C_o + \frac{P}{K_s} \qquad \text{.....สมการ (1)}$$

เมื่อ h2 = Exit Thickness of Rolled Product

Co = No Load Roll Gap

P = Roll Force

Ks = Mill Structural Stiffness

Gaugemeter Equation ที่เขียนเป็นรูปกราฟแสดงไว้ในรูปที่1(a) เมื่อ Slope ของเส้น A แทน Mill Structural Stiffness Ks ซึ่งมีค่าเท่ากับ

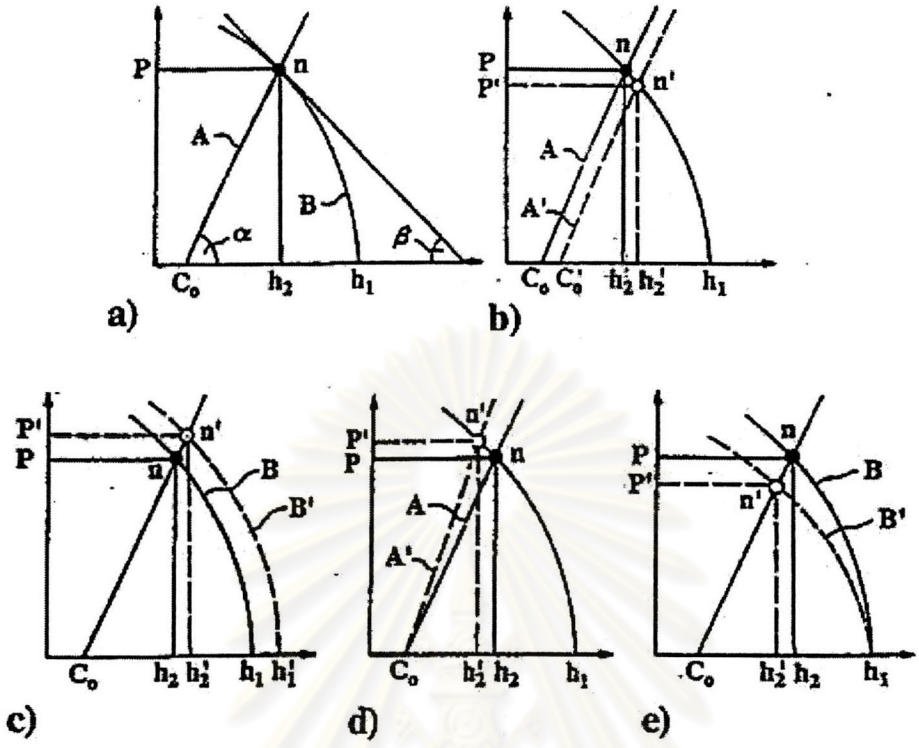
$$K_s = \frac{\Delta P}{\Delta C} = \tan\alpha \qquad \text{..... สมการ (2)}$$

เมื่อ ΔP = การเพิ่มขึ้นของ Roll Force

ΔC = การเพิ่มขึ้นของ Roll Gap

$\tan\alpha$ = ความชันของเส้น A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.11 แสดง Gaugemeter diagramsรูปแบบต่างๆ (a, b, c, d, e)

ความชันของเส้น β ใช้แทน Rolled Material Stiffness Km เมื่อ

$$Km = \frac{\Delta P}{\Delta h} = \tan \beta \quad \text{.....สมการ (3)}$$

เมื่อ Δh = การเปลี่ยน Rolled Material Thickness

β = Slope P_n Line B

จุดตัดของเส้น A และ B จะทำเครื่องหมายเป็นจุด n ซึ่งกำหนดให้เป็นค่า Roll Force P และความหนาด้านออก H2 สมการ (1) และรูปที่1สามารถนำมาใช้วิเคราะห์สาเหตุของ Gauge Variation ได้อย่างดี

ผลของการตั้งค่า Roll Gap (Effect of Roll Gap Setting) การเปิด Roll Gap เป็นการเลื่อนเส้น A ไปทางขวา (รูป b) จุดสมดุลย์อันใหม่ใน Mill จะอยู่ต่ำกว่า Roll Force P' ทำให้ความหนาด้านออกเพิ่มขึ้น เป็น h'2 ขณะรีด

ผลของความหนาทางด้านป้อนเข้า (Effect of Entry thickness) การเพิ่มขึ้นของความหนาทางด้านป้อนเข้า จะเลื่อนเส้น B ไปทางขวา (รูป c) เพื่อให้จุดสมดุลย์อยู่ใน Mill อยู่เหนือกว่า Roll Force P' ทำให้การรีดมีความหนาทางด้านออกหนาขึ้นเป็น h'2

ผลของ Mill Stiffness (Effect of Mill Stiffness) การเปลี่ยน Mill Stiffness นั้นเทียบเท่ากับการเปลี่ยนความชันของเส้น A (รูป d) การเพิ่มความชันจะทำให้จุดสมดุลย์ใน Mill อยู่ที่ค่า P' ที่สูงขึ้น และความหนาทางด้านออกจะบางกว่าเดิมเป็น h'2

ผลของ Work Piece Stiffness การเปลี่ยน Stiffness ของชิ้นงาน ที่อธิบายไว้ในรูป e เป็นการเปลี่ยนความชันของเส้น B การลดลงของความชัน ทำให้ Roll Force P' ต่ำลง ณ จุดที่ Mill สมดุลย์ นอกจากนี้ยังทำให้ความหนาทางด้านออก h'2 บางลงด้วย

2.5 สถิติเพื่อการวิจัย

เป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยตัดสินใจในกระบวนการวิจัย ตั้งแต่การตั้งปัญหาการวิจัย การตั้งสมมุติฐาน การวางแผนการวิจัย, การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย การใช้วิธีการทางสถิติในการวิจัย จะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถหาวิธีดำเนินการได้อย่างเหมาะสม ซึ่งมีผลให้งานวิจัยนั้นมีคุณภาพน่าเชื่อถือได้ หัวข้อการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- การแจกแจงหรือจำแนกข้อมูล (Data) เพื่อจัดระเบียบข้อมูลดิบที่ได้หลังจากการเก็บข้อมูลให้สะดวกในการวิเคราะห์ตามประเภทของปัจจัยหรือพารามิเตอร์ที่สนใจ
- การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมด เป็นการหาตำแหน่งค่ากลาง ซึ่งจะเป็นตัวเลขจำนวนเดียวที่ใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลนั้นๆ
- การวัดการกระจาย เป็นการวัดว่าข้อมูลมีการกระจายออกจากกันมากหรือน้อย ข้อมูลแต่ละจำนวนมีค่าต่างจากค่าเฉลี่ยของคะแนนชุดนั้น มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะช่วยให้เห็นลักษณะของข้อมูลชัดเจนมากยิ่งขึ้น

- การสำรวจด้วยตัวอย่าง ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อการวิจัย โดยเก็บข้อมูลจากประชากรที่ต้องการศึกษามาเพียงบางส่วน เพื่อลดเวลา, กำลังคน และงบประมาณที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

- การแจกแจงทางสถิติ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการแจกแจงของประชากรจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ทำให้การทดสอบทางสถิติมีความถูกต้องเชื่อถือได้

- การประมาณค่า (Estimation) เป็นการประยุกต์ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการศึกษาข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำค่าสถิติที่ได้ไปประมาณค่าที่แท้จริงของประชากร

- การทดสอบสมมุตฐาน (Hypothesis Testing) มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาหาข้อสรุป เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยจำเป็นจะต้องค้นคว้า และรวบรวมข้อเท็จจริง หรือข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อประกอบการพิจารณา

- การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Anova) เป็นการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรหลายๆ กลุ่ม

- สหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่สนใจว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปในทิศทางใด

- สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) เป็นการทดสอบสมมติฐานของข้อมูลที่ผู้วิจัยไม่ทราบ หรือไม่แน่ใจเกี่ยวกับลักษณะของประชากรว่ามีการแจกแจงแบบใด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6 การวิเคราะห์ค่าการกระจายของข้อมูล

ในการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล ได้พิจารณาขนาดของความเบี่ยงเบนที่เรียกว่า การกระจาย และสามารถวัดได้จากหลักทางสถิติหลายตัวเช่น พิสัย (Range) ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ความแปรปรวน (Variance) เป็นต้น

2.6.1 พิสัย (Range, R)

พิสัยเป็นตัวสถิติที่ใช้คำนวณการกระจายของข้อมูลได้ง่ายที่สุด โดยทั่วไปมักจะใช้พิสัยในการวัดความเบี่ยงเบน เมื่อข้อมูลไม่เกิน 10 ตัวหรือรูปทรงของความเบี่ยงเบนมาตรฐานต้องเป็นกระจายคงที่เท่านั้น มิฉะนั้นแล้ว หากนำพิสัยไปอนุมานความเบี่ยงเบนประชากร ก็จะทำให้มีความลำเอียงค่อนข้างมาก การหาค่าพิสัย (R) สามารถหาได้จาก

$$R = X_{max} - X_{min}$$

โดยที่ X_{max} = ค่าสูงสุดของข้อมูล

X_{min} = ค่าต่ำสุดของข้อมูล

2.6.2 ความแปรปรวน (Variance, V)

$$\text{ความแปรปรวน} = \frac{\text{ผลรวมกำลังสอง (SS)}}{\text{องศาแห่งความอิสระ (df)}}$$

$$\text{จาก ผลรวมกำลังสอง (SS)} = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \text{ค่าที่ควรจะเป็น})^2$$

$$\text{จาก ผลรวมกำลังสอง (SS)} = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2$$

องศาแห่งความอิสระ (Degree of Freedom หรือ df) = n-1

$$\text{ดังนั้นความแปรปรวน } (S^2 \text{ หรือ } \delta^2) = \frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2}{n-1}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ n คือ จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ต้องการ

y_i คือ ข้อมูลของสิ่งตัวอย่างที่สนใจ

$\overline{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสิ่งตัวอย่างที่สนใจ

2.6.3 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S หรือ δ)

ความแปรปรวนที่ได้จะมีค่ามากกว่าความเป็นจริง เนื่องมาจากการยกกำลังสองของค่าความเบี่ยงเบน ดังนั้นจึงสามารถหาค่าความเบี่ยงเบนที่แท้จริงได้ด้วยการถอดรากที่สองของค่าความแปรปรวน และเรียกค่านี้ว่า ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้อนุมานความเบี่ยงเบนของประชากรได้ดีที่สุด

$$S \text{ หรือ } \delta = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \overline{y})^2}{n-1}}$$

ความเบี่ยงเบนมาตรฐานสามารถคำนวณได้จากค่าพิสัยเฉลี่ยดังนี้

$$S \text{ หรือ } \delta = \frac{\overline{R}}{d^*_2}$$

โดย $\overline{R}$ = พิสัยค่าเฉลี่ย

d^*_2 = ตัวปรับค่าเอนของ R

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6.4 การวิเคราะห์ดัชนีความสามารถ

ในงานวิศวกรรม การตัดสินใจเกี่ยวกับประชากรมักจะคำนึงถึงค่าความเบี่ยงเบนของประชากรในช่วงยอมใช้เกิดได้หรือไม่ ถ้าความเบี่ยงเบนของข้อมูลอยู่นอกขอบเขตที่ยอมให้เกิดจำเป็นต้องมีการแก้ไขทันที ตัวสถิติที่ใช้เป็นตัววัดความเบี่ยงเบนของข้อมูลจากประชากรเมื่อเทียบกับความเบี่ยงเบนที่ยอมให้เกิด เรียกว่า ดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ (Process Capability; Cp)

$$Cp = \frac{\text{ความเบี่ยงเบนที่ยอมให้เกิด}}{\text{ความเบี่ยงเบนของประชากร}}$$

หรือใช้คำทั่วไปได้ว่า

$$Cp = \frac{\text{ความคลาดเคลื่อนอนุโลมของข้อกำหนด (ความต้องการของลูกค้า)}}{\text{ความคลาดเคลื่อนอนุโลมในธรรมชาติของกระบวนการ (ความสามารถของกระบวนการ)}}$$

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ ได้กล่าวไว้ว่าในทางวิศวกรรมการผลิตมักจะนิยามความเบี่ยงเบนที่ยอมให้เกิดในรูปของขนาดความคลาดเคลื่อนอนุโลมของข้อกำหนดเฉพาะ และมักจะนิยามความเบี่ยงเบนของประชากรในรูป 6 เท่าของขนาดความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จึงสามารถเขียนสมการใหม่ได้ว่า

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\delta}$$

เมื่อ USL = Upper Specification Limit

LSL = Lower Specification Limit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวัดการกระจายด้วยค่า Cp มิได้คำนึงถึงค่าที่ควรจะเป็นของประชากร ดังนั้นถ้าค่าที่ควรจะเป็นไม่ได้อยู่ที่ค่ากึ่งกลาง ของข้อกำหนดเฉพาะ จะมีผลทำให้การตีความผิดพลาดไปได้ จึงควรพิจารณาโดยคำนึงถึงค่าที่ควรจะเป็นของประชากร โดยเรียกตัวสถิตินี้ว่า ดัชนี Cpk (ตัวย่อ k มาจาก "Kurtosis" ในที่นี้มีความหมายว่ากระบวนการ "เลื่อนไป")

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ ได้กล่าวไว้ด้วยว่า การวัดดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการเมื่อคำนึงถึง "ค่าที่ควรจะเป็น" ของประชากร (μ) ซึ่งค่าที่ควรจะเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ค่าเฉลี่ย $\overline{(y)}$ จะพิจารณาดังนี้

พิจารณาพิกัดข้อกำหนดเฉพาะด้านบน; $Cpu = \dfrac{USL - \overline{y}}{3\delta}$

พิจารณาพิกัดข้อกำหนดเฉพาะด้านล่าง; $Cpl = \dfrac{\overline{y} - LSL}{3\delta}$

ความหมายคือ pu = Upper Limit

pl = Lower Limit

โดยค่า Cpk = ค่าที่ต่ำกว่าระหว่าง [Cpu, Cpl]

การเปรียบเทียบระหว่างค่า Cp และค่า Cpk

ถ้า Cp = Cpk ค่าที่ควรจะเป็นของประชากรอยู่ตรงค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ

ถ้า Cp > Cpk ค่าที่ควรจะเป็นของประชากรอยู่เยื้องค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7 New QC tools

เครื่องมือ QC ใหม่มี 7 ชนิด ประกอบด้วย

1. Affinity Diagram (วิธี KJ)

Affinity Diagram นั้นจะใช้กับปัญหาต่างๆ ที่ไม่ชัดเจน โดยการรวบรวมความใกล้ชิดร่วมกันของข้อมูล ข้อความคำพูดที่รวบรวมจากสภาพที่พัวพันและสับสน เช่น ปัญหาในอนาคตสิ่งที่ยังไม่เคยมีประสบการณ์ ฯลฯ โดยเก็บข้อมูลที่เป็นคำพูดประเภทความจริง, ข้อคิดเห็น, แนวคิดต่างๆ และนำมารวบรวมเป็นกลุ่มเพื่อทำให้ปัญหาที่จะต้องแก้ไขปรากฏภาพ หรือรูปลักษณ์ที่ชัดเจนขึ้น

2. Relation Diagram

เป็นวิธีการแก้ไขปัญหาโดยการนำเอาปัญหา มาเชื่อมโยงต่อกันเชิงทฤษฎี โดยการหมุนเวียนแผ่นกระดาษให้สมาชิกกลุ่มจำนวนหนึ่งเขียนข้อความให้เชื่อมโยงต่อเนื่องกัน เพื่อให้เกิดข้อตกลงร่วมกัน ใช้ความคิดสร้างสรรในการขุดค้นปัญหา เพื่อสรรหาแนวทางแก้ไขอย่างมีประสิทธิผล

3. Tree Diagram

เป็นวิธีการที่ประยุกต์ใช้ เครื่องมือการวิเคราะห์หน้าที่จากวิธีการของ VE โดยการกำหนดวัตถุประสงค์เป้าหมาย หรือผลลัพธ์ แล้วหาแนวทางขั้นตอน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้ โดยการเรียบเรียงลำดับความสัมพันธ์ให้กระจายต่อเนื่องกัน

4. Matrix Diagram

เป็นวิธีการแสดงปัญหาให้ชัดเจน ด้วยวิธีการคิดและการแสดงความสัมพันธ์ของเหตุผลและปัจจัยต่างๆ แบบหลายมิติ และจัดแบ่งเป็นกลุ่มปรากฏการณ์ที่เป็นปัญหาแล้วนำมาจัดเรียงเป็นแถวทั้งในแนวดิ่ง และแนวนอนหรือในแนวอื่นๆ จากนั้นก็จะแสดงความสัมพันธ์ และระดับความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นที่เป็นปัญหานั้น

5. Arrow Diagram

เป็นวิธีการที่ใช้ในการเชื่อมโยง ขั้นตอนของกระบวนการต่างๆ เพื่อทำเป็นแผนกำหนดการหรือการทำแผนภาพเครือข่ายงานที่จำเป็นต้องทำตามแผนที่กำหนดไว้

6. Process Decision Program Chart (PDPC)

ใช้กรณีที่แผนดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายนั้นไม่ชัดเจน อาจเกิดปัญหายุ่งยากที่คาดไม่ถึงขึ้น จึงทำการคาดคะเนแนวทางไว้ล่วงหน้าหลายๆ แนวทาง แล้วกำหนดทิศทางที่จะให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเพื่อทำการกระจายหัวข้อปัญหา และวิธีการไปเรื่อยๆ จะทำการแก้ปัญหาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

7. Matrix - Data Analysis Method

ในกรณีที่หาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเป็นข้อมูลตัวเลขได้ จะใช้การคำนวณแล้วนำมาเขียนในแผนภาพให้สามารถพิจารณาได้ง่ายขึ้นจากเครื่องมือ QC ใหม่ 7 ประการนี้ วิธีนี้เป็นวิธีเดียวที่ใช้ข้อมูลเป็นตัวเลข

ลักษณะพิเศษของเครื่องมือชุดนี้คือ

1. เป็นเครื่องมือที่ใช้กับ "ข้อมูลเชิงพรรณนา" เป็นส่วนใหญ่ จะมีเพียง Matrix - Data Analysis เท่านั้นที่ใช้ "ข้อมูลตัวเลข"
2. เครื่องมือ หรือแผนภาพต่างๆ ได้จากการระดมสมองในขั้นตอนการวางแผน ซึ่งจะช่วยให้การวางแผนเป็นไปอย่างสมบูรณ์ อันเป็นผลเนื่องมาจาก
    1. การดึงความฉลาด และแนวคิดต่างๆ จากสมาชิกกลุ่ม
    2. ลดการหลงลืม หรือความผิดพลาด
    3. แสดงความต่อเนื่องของขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา
    4. ควบคุมให้การทำงานเป็นไปตามแผน

จะเห็นได้ว่าเครื่องมือใหม่ 7 ตัวนี้ สามารถนำมาใช้อย่างได้ผลในขั้นตอนของการวางแผนเพื่อแก้ปัญหา หรือในขั้นตอน P ของวงจร PDCA นั่นเอง ในขั้นตอน P นี้ถ้าพิจารณาให้ละเอียด อาจแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนย่อย คือ

P1 : เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์สภาวะการณ์ที่สับสน จนสามารถกำหนดตัวปัญหาที่ต้องแก้ได้อย่างชัดเจน

P2 : เป็นขั้นตอนของการแสวงหาและกำหนดวิถีทางแก้ปัญหาและแสดงความสัมพันธ์

ระหว่างเป้าหมายของการแก้ปัญหา กับวิถีทางแก้ปัญหาให้ชัดเจน

PC : เป็นขั้นตอนการจัดลำดับการทำกิจกรรมเพื่อการแก้ปัญหา โดยประเมินเวลาของแต่ละวิถีทาง และจัดลำดับและตารางการทำงานเพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด

2.8 วัฏจักรการปรับปรุงคุณภาพ

ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่แล้วให้มีคุณภาพดีขึ้น มีขั้นตอนที่จะต้องผ่านเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการได้ ดังนี้

1. ความเข้าใจค้นหาปัญหา

นอกจากความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรือความต้องการแล้ว ยังต้องทำความเข้าใจกับสภาพแวดล้อมในการออกแบบการผลิต และการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ประสบผลสำเร็จในตลาดนั้นเริ่มต้นด้วยการกำหนดเป้าหมายที่แน่ชัดในสิ่งที่ลูกค้าต้องการ มีการวิเคราะห์ว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันมีจุดอ่อนตรงไหนบ้าง?

2. การประเมินผล

มีการปรับปรุง จำเป็นที่ต้องทำการประเมินผลก่อนว่า สิ่งที่กำลังจะลงมือปรับปรุงนั้นตรงกับความต้องการของลูกค้า หรือไม่ และมีคุณค่ามากพอที่จะต้องทำการปรับปรุงหรือไม่

3. การค้นหาสาเหตุของปัญหา

ปัญหาต่างๆ ต้องมีต้นเหตุที่ทำให้เกิดขึ้น บางครั้งอาจจะเกิดการต้นเหตุเดียว หรือในบางครั้งอาจจะเกิดจากต้นเหตุหลายๆ อย่างมาประจวบเหมาะกัน แล้วเกิดปัญหาขึ้น จึงจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาที่แท้จริงก่อนแล้วจึงสามารถค้นหาวิธีแก้ไขปัญหาได้

4. ค้นหาวิธีแก้ปัญหา

การจะหาวิธีแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่งขึ้นมานั้นอาจจะไม่ใช่เรื่องยากลำบากนัก แต่การที่จะหาวิธีที่ดีที่สุดสำหรับแก้ปัญหานั้นค่อนข้างลำบาก ดังนั้นจึงควรพิจารณารวบรวมแนวทางวิธีการที่อาจจะแก้ปัญหาได้ มาหลายๆ วิธี เพื่อให้มั่นใจว่า หนึ่งในวิธีเหล่านั้นจะมีวิธีที่ดีที่สุดอยู่ด้วย ที่พบ

บ่อยๆ นั้นมักพบว่าเมื่อพบวิธีแก้ปัญหาวิธีแรกก็ตัดสินใจดำเนินการทันที แต่ความจริงแล้ววิธีที่พบวิธีแรกอาจจะไม่ใช่วิธีดีที่สุดก็ได้ จึงควรจะเลือกหลายๆ วิธีแล้วมาเปรียบเทียบกัน เพื่อเลือกวิธีดีที่สุด

5. การพัฒนา

เป็นขั้นตอนการคัดเลือกหาวิธีที่คิดว่าจะแก้ปัญหาได้ คัดวิธีที่ใช้ไม่ได้ออกให้เหลือวิธีที่จะใช้ได้จริงๆ

6. การตัดสินใจ

เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะตัดสินใจว่าการปรับปรุงจะตรงกับความต้องการของลูกค้าหรือไม่ ถ้าไม่ก็ต้องเริ่มวัฏจักรใหม่ ถ้าตรงก็ต้องตัดสินใจต่อไปว่าใครจะเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินงานต่อไป

7. ดำเนินการปรับปรุง

ต้องวางแผนการดำเนินการก่อน เมื่อรู้ว่าปัญหาคืออะไร มีทางแก้อย่างไร จึงต้องจัดเตรียมแผนดำเนินการให้ถูกต้องสอดคล้องกันไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากเกินไป และไม่บิดเบือนจากวิธีที่ตัดสินใจ

8. การติดตามผล

การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงมักจะมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้นได้เสมอ ถ้ามีบางสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ดังนั้นการติดตามผลอย่างใกล้ชิดจึงเป็นสิ่งจำเป็น ต้องกำหนดเป้าหมายว่าจะติดตามผลที่จุดใดบ้าง ไม่ทิ้งห่าง และมีการตรวจสอบทุกระยะ เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นไปตามที่คาดหมายไว้เท่านั้น

2.9 การปรับปรุงการปฏิบัติงานโดยใช้แผนภูมิควบคุมเบื้องต้น

ปัจจุบันการควบคุมทางสถิติ (Statistical Process Control : SPC) ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นมากในอุตสาหกรรม เพราะกระบวนการควบคุมวิธีการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลนำไปใช้ควบคุมคุณภาพ และลดการสูญเสียอย่างได้ผลฉับไว

ประโยชน์ในด้านต้นทุนจาก SPC นี้มักจะแสดงออกมาในรูปของเวลาและอื่นๆ หลายประการ ต้นทุนที่ประหยัดได้ส่วนใหญ่ คือ การลดความสูญเสีย การผลิตซ้ำ ความเสียหายของสินค้า

คงคลัง (ที่อยู่ระหว่างกระบวนการผลิต ในวัตถุดิบและผลติภัณฑ์) และการประเมินความสามารถของกระบวนการผลิตให้ใกล้เคียงกับความต้องการของตลาดเป็นต้น

ประโยชน์ของ SPC

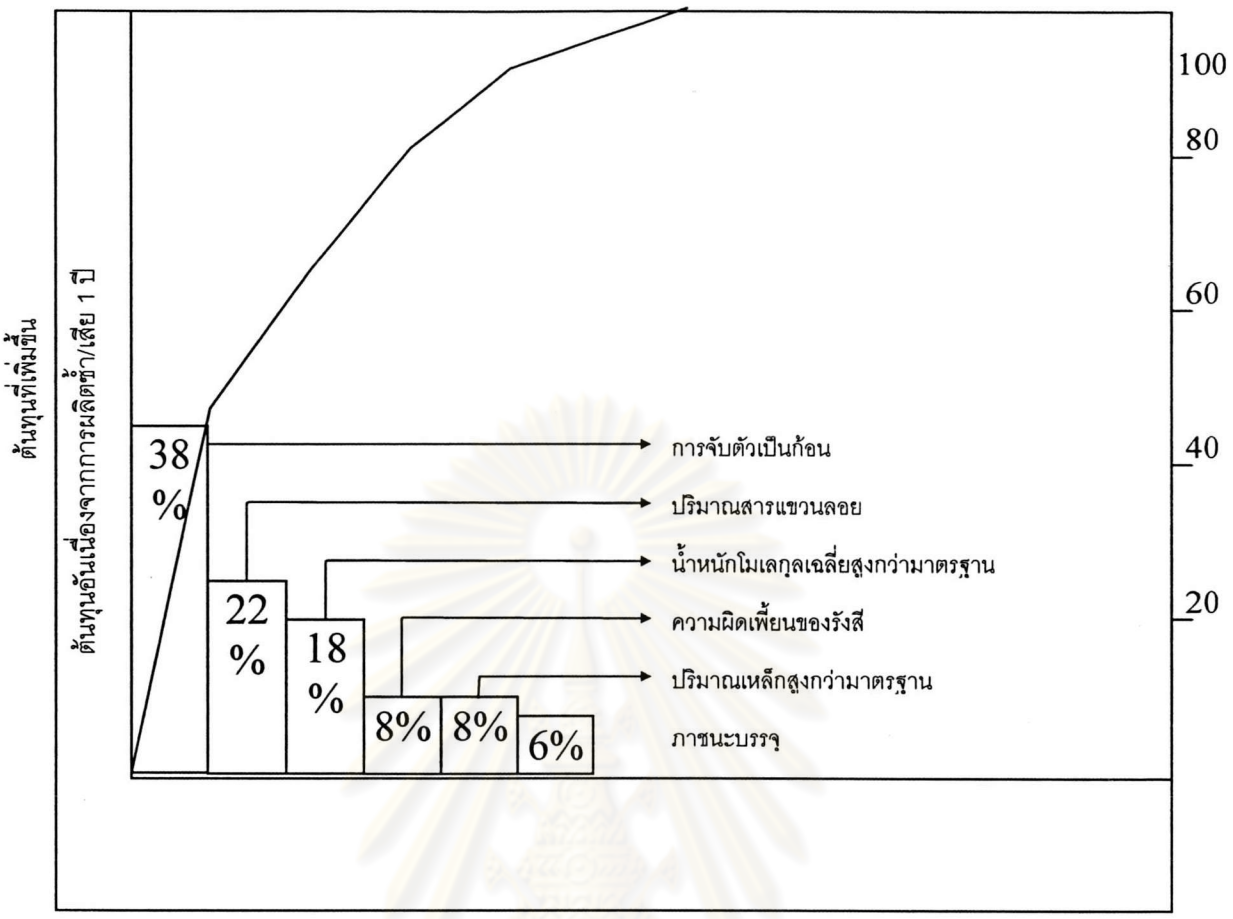
SPC นอกจากจะมีประโยชน์ในด้านต้นทุนการผลิตแล้ว ยังช่วยให้ได้ทราบถึง

1. เป็นตัวบอกถึงสาเหตุที่ไม่คาดคิดที่เกิดขึ้นจากความผันแปรของกระบวนการผลิต
2. เป็นตัวบอกถึงขนาดความสามารถของกระบวนการผลิตนั้น
3. เป็นตัวบอกถึงผลกระทบต่อกระบวนการผลิต เช่น พารามิเตอร์ ตัวผลิตภัณฑ์ ความสามารถใน การผลิต เมื่อมีการปรับหรือเปลี่ยนกระบวนการผลิต
4. เป็นตัวกำหนดโครงสร้างแนวทางการแก้ไขปัญหา
5. เป็นเทคนิคที่ใช้ยืนยันความสัมพันธ์ของตัวพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตกับสเปคของผลิตภัณฑ์ (Product Specification)

SPC จะเป็นวิธีนำไปใช้กับการปฏิบัติงานจริงๆ ของโรงงาน เครื่องมืออุปกรณ์ที่บกพร่องความเสื่อม

2.10 แผนภูมิพาเลโต

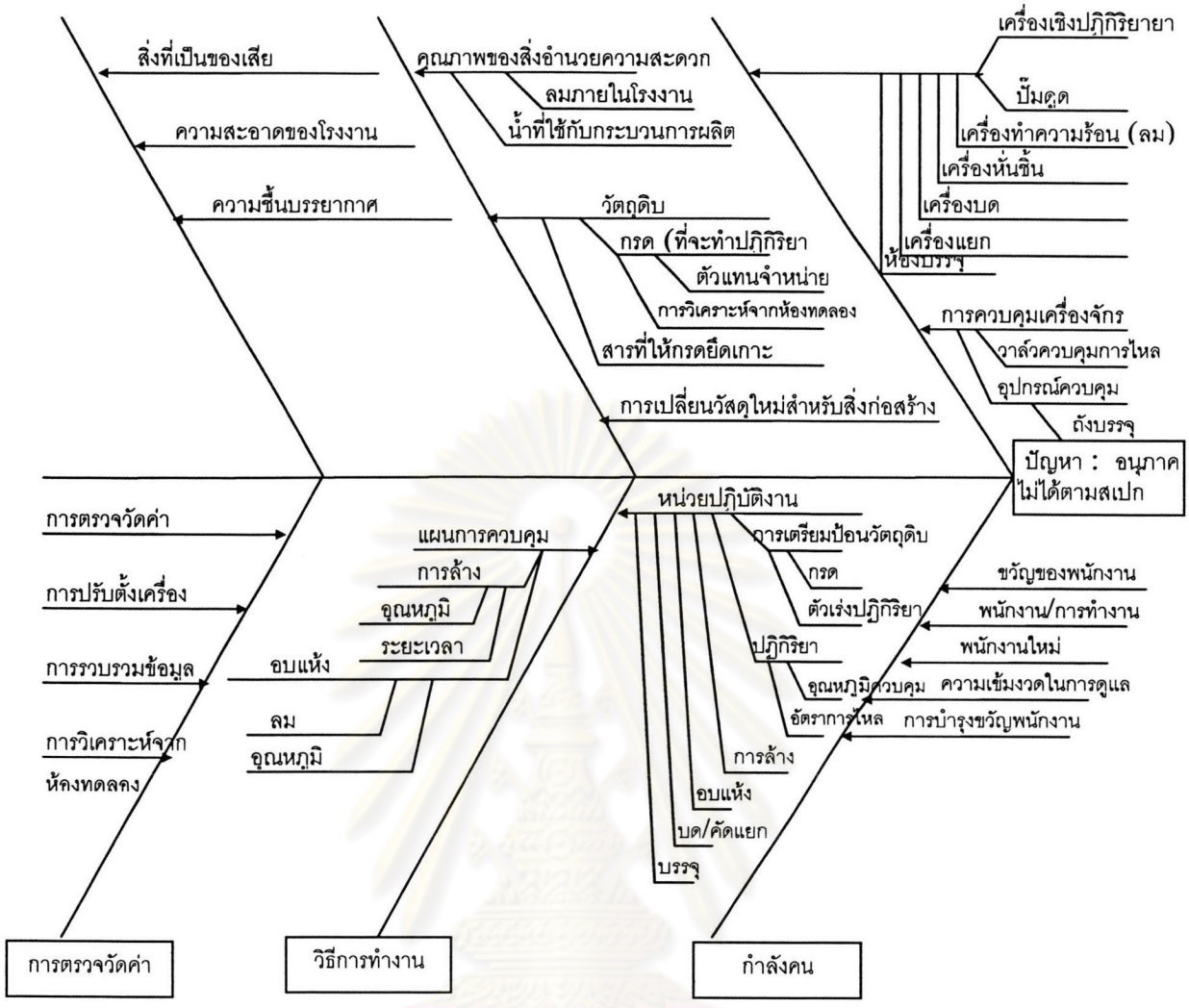
แผนภูมิพาเลโตเป็นรูปกราฟที่แสดงให้เป็นความสัมพันธ์ของปัญหากับสาเหตุ ของปัญหา แนวความคิดนี้ได้มาจากการสังเกตพบว่า 80% ของปัญหา โดยทั่วไปจะมีสาเหตุที่บ่งบอกได้เพียง 20% เท่านั้นค่าที่แสดงบนแผนภูมิพาเลโต จะบอกลำดับความสำคัญของปัญหา และสาเหตุที่เกิดขึ้นที่ควรจะได้รับการเอาใจใส่ พาเลโตเป็นแต่เพียงเครื่องมือสกัดกั้นที่ช่วยบอกให้ทราบสภาพของปัญหาในภาพรวมเท่านั้น การใช้แผนภูมิพาเลโตนั้นจำเป็นจะต้องมีข้อมูลในอดีตที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และสาเหตุของปัญหาต่างๆ ด้วย



รูปที่ 2.12 แผนภูมิพาเลโตช่วยชี้ให้เห็นสาเหตุสำคัญของปัญหา

2.11 **แผนภูมิก้างปลา** (Fishbone diagram)

แผนภูมิควบคุมเป็นตัวบอกให้ทราบถึงสภาวะความบกพร่อง หรือแนวโน้มที่จะเกิดความบกพร่อง จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ เพื่อหาหนทางแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม ส่วนแผนภูมิก้างปลาซึ่งเป็นแผนภูมิแสดงเหตุและผลจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยได้ เพราะแผนภูมินี้แสดงโครงสร้างและรายละเอียดของปัญหาที่ต้องแก้ไข สาเหตุของปัญหาโดยเจาะจงลึกลงไปและช่วยป้องกันไม่ให้การมองข้างบางปัญหาไป



รูปที่ 2.13 แผนภูมิก้างปลาแสดงโครงสร้างกลุ่มของสาเหตุที่มีแนวโน้มจะเป็นปัญหา

รูปลักษณะทั่วไปของแผนภูมิก้างปลาซึ่งได้พัฒนานำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการแก้ไขปัญหาปกติความซับซ้อนของปัญหา และรายละเอียดของข้อมูลจากแผนภูมิจะเพิ่มมากขึ้นหากผู้มีส่วนร่วมในการประชุมแก้ไขปัญหานั้นได้เสนอข้อมูลมากระหว่างการแก้ปัญหา

เหตุที่แผนภูมิมีชื่ออย่างนี้เพราะว่ารูปร่างของมันซึ่งใช้บอกรายละเอียดสาเหตุ ของปัญหาที่เกิดขึ้นมีลักษณะเหมือนก้างปลา แผนภูมินี้สามารถสร้างขึ้นและใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น การใช้ประโยชน์เกี่ยวกับองค์ประกอบพื้นฐาน 6 ประการในกระบวนการผลิต คือ วิธีการทำงาน (Method) วัสดุ (Materials) เครื่องจักร (Machine) กำลังคน (Man power) การตรวจวัดค่า (Measurement) และสิ่งแวดล้อม (Environment) โดยลากเส้นแกนกลางแนวนอนและใส่ข้อความของปัญหาที่ปลายเส้นทางขวามือ