บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในกรรมวิธีการผลิตการเจียรผิวนับว่าเป็นกรรมวิธีการผลิตที่มีความสำคัญมากเพราะเป็นขั้นตอนเกือบสุดท้ายของกระบวนการผลิตในงานเครื่องมือกล และอีกทั้งยังเป็นกรรมวิธีการผลิตที่มีความยากกว่าเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการผลิตอื่นๆเช่น การกลึง, การเจาะ, การเจียร ฉะนั้นในการเจียรจะต้องทำการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการเจียรให้ครบถ้วน เพื่อความมีประสิทธิภาพในการเจียร

2.1 หินขัด

ในการทำผิวโลหะให้เรียบนั้นต้องการความแม่นยำทั้งขนาดของชิ้นงาน และคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งต้องการความละเอียดมาก และวัสดุที่จะใช้ทำชิ้นงานก็มีความหลากหลายทั้งแข็งแต่เปราะหรืออ่อนแต่เหนียว ฉะนั้นอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในงานเหล่านี้จะต้องมีทั้งความแม่นยำสูงและความเที่ยงตรงที่สูง

แนวทางหนึ่งในการผลิตชิ้นงานที่มีลักษณะดังกล่าวคือการขัดผิวเรียบ (Abrasive Machining) หินขัด(Abrasive) คือวัสดุที่เป็นชิ้นส่วนเล็กๆ และมีมุมตัดที่คมแต่รูปร่างไม่แน่นอนและไม่สม่ำเสมอ . Abrasive สามารถที่จะตัดวัสดุบริเวณผิวหน้าออกเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งจะทำให้ผิวหน้าของชิ้นงานเรียบ และในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เครื่อง CNC กับกระบวนการ Abrasive Machining จึงทำให้ในปัจจุบันกระบวนการ Abrasive Machining สามารถนำไปใช้งานกับชิ้นส่วนที่มีรูปร่างที่แตกต่างกันออกไปและในงานที่ต้องการความละเอียดมากๆ , พิกัดข้อกำหนด (Tolerance) ที่แคบอีกด้วย

ชนิดของหินขัด

Abrasive ที่ใช้กันอยู่ในทั่วไปในกระบวนการผลิตมี 2 ชนิด คือ หินขัดธรรมดา(Normal Abrasive) และหินขัดชนิดพิเศษ (Super Abrasive)

Normal Abrasive

1.Aluminium Oxide ($Al_2 O_3$)

2.Silicon Carbide (Si C)

Superabrasive

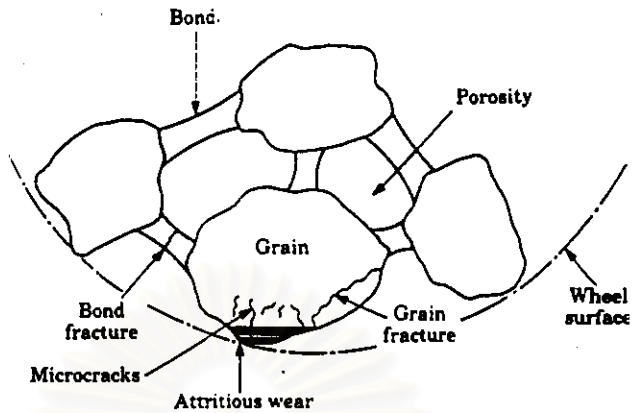
1.Cubic Boron Nitride (CBN)

2.Diamond

ซึ่งระดับความแข็งของ Abrasive เหล่านี้จะต้องแข็งกว่าเครื่องมือตัดโลหะโดยทั่วไป (Cutting Tool) โดยเฉพาะที่เป็น Diamomnd . ในความหมายของความแข็งนั้น ลักษณะที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งคือ ความร่วน (Friability) ของ Abrasive ซึ่งเป็นความสามารถที่ตัวเม็ด Abrasive จะแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆได้ ซึ่งการแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆได้นั้นจะทำให้ Abrasive มีความคมขึ้นมาอีกครั้งด้วยตัวมันเอง ซึ่งด้วยหลักการนี้จะทำให้ Abrasive คงรักษาความคมตลอดการใช้งานได้ แต่การที่ Abrasive มีความร่วน (Friability) มากแสดงถึงว่ามีความแข็งแรงน้อย ดังนั้น จะทำให้ Abrasive แตกตัวได้ง่ายในระหว่างการเจียรงาน เมื่อเทียบกับ Abrasive ที่มีความร่วนน้อย ตัวอย่างเช่น Al_2O_3 จะมีความร่วนน้อยกว่า SiC ฉะนั้นจึงแตกได้ยากกว่า นอกจากนี้ หินขัด(Abrasive) ที่พบอยู่ตามธรรมชาตินั้นได้แก่ พวก Corumdum (Alumina) Quartz เพชร Abrasive พวกนี้จะไม่ค่อยบริสุทธิ์มักจะมีแร่ธาตุอื่นเจือปน จึงทำให้คุณสมบัติไม่แน่นอน เนื่องด้วยเหตุผลนี้ทั้ง Al_2O_3 และ SiC จึงมาจากการผลิตขึ้นเองด้วยมนุษย์ด้วยการสังเคราะห์ เพื่อที่จะควบคุมคุณสมบัติให้ได้

2.2 การเชื่อมประสานหินขัด

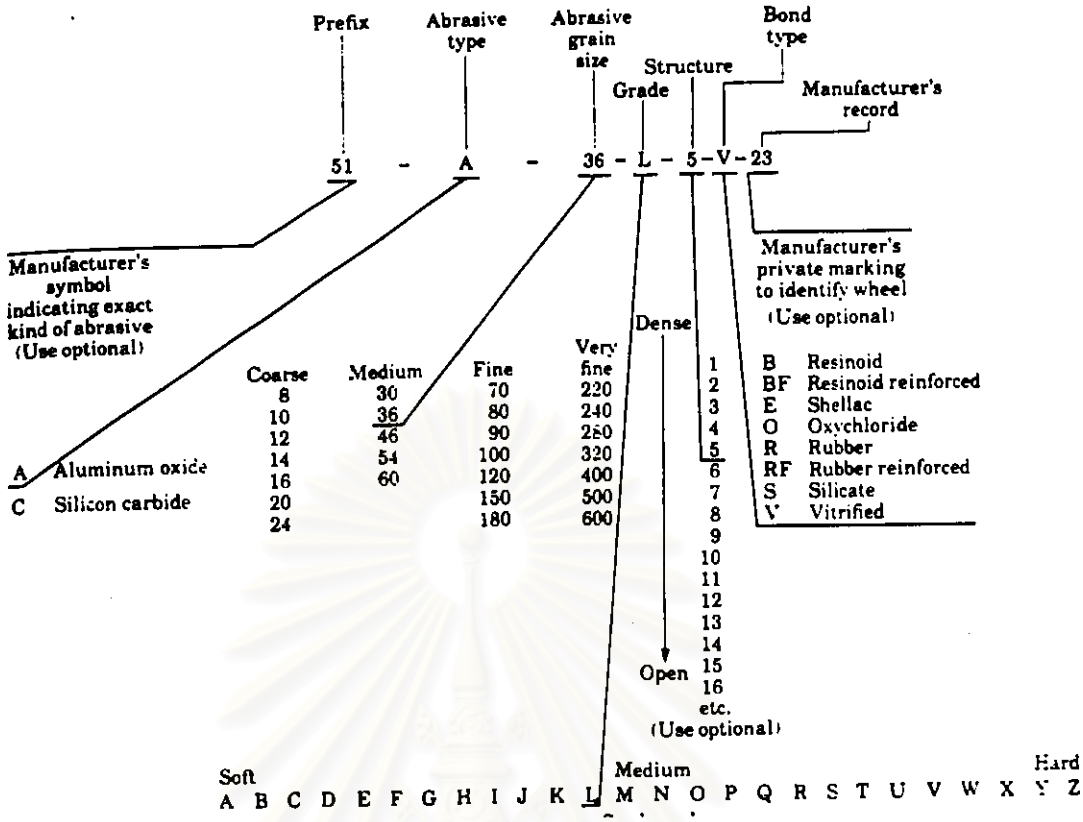
หน้าที่ของ Abrasive แต่ละตัวคือการตัดเนื้อวัสดุออกมา แต่เนื่องจาก Abrasive แต่ละตัวมีขนาดเล็ก ฉะนั้นถ้าต้องการที่จะตัดเนื้อวัสดุให้ออกมาในอัตราที่มากๆต่อหน่วยเวลา ก็จะต้องใช้ Abrasive จำนวนมากๆ ในการตัดในเวลาเดียวกัน. ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงต้องการการนำ Abrasive ให้มาจับตัวกัน เรียกว่า Bonded Abrasive ซึ่งการจับตัวกันจะทำให้เกิดรูปร่างของ Abrasive ใหม่ ในชื่อที่เรียกว่า " หินเจียร (Grinding Wheel) " . Abrasive สามารถมาจับตัวกันได้ด้วย วัสดุที่ทำหน้าที่จับยึดระหว่าง Abrasive เข้าด้วยกัน เรียกว่าการ Bonding และจะทำให้เกิดช่องว่าง ที่เรียกว่า Porosity ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นแหล่งในการเก็บเศษเจียรที่เกิดขึ้นระหว่างการเจียร ซึ่งจะช่วยให้เศษเจียรไม่เข้าไปทำลายผิวเจียร และจะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการหล่อเย็นด้วย ดังนั้นด้วยเหตุผลเหล่านี้จะเห็นได้ว่าเป็นไปไม่ได้เลยที่จะทำให้หินเจียรมีความหนาแน่นมากจนไม่มีช่องว่างเลย ดังรูป .2.1



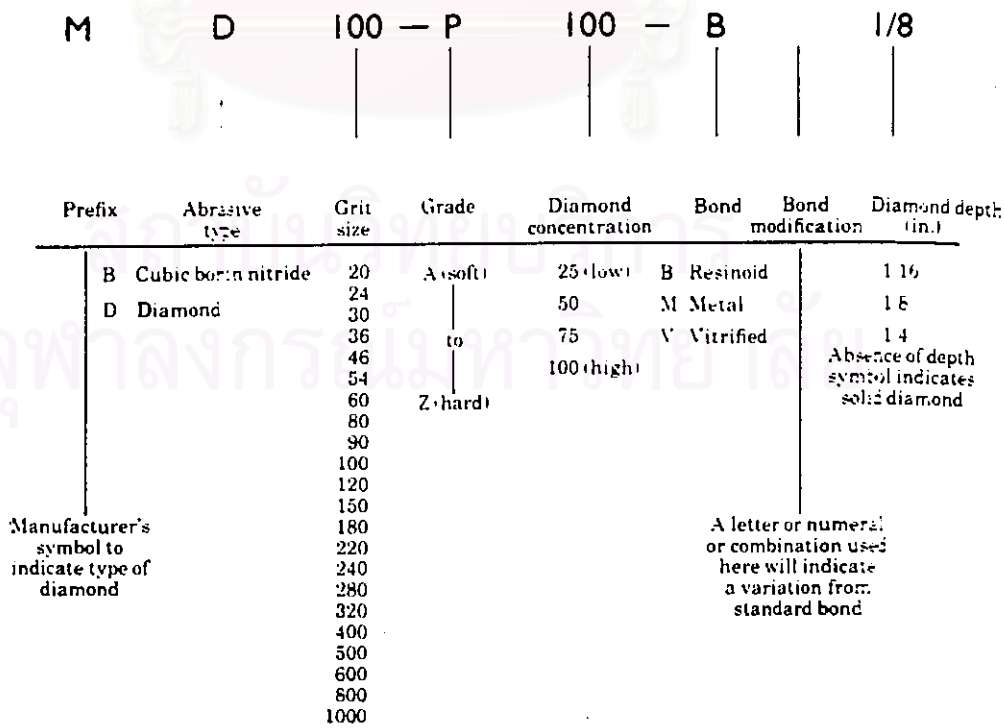
รูปที่ 2.1ลักษณะภายนอกของโครงสร้างหินเจียร

รูปแบบของAbrasive ที่ได้ขึ้นรูปออกมาเป็นหินเจียร มีทั้งที่เป็น Normal Abrasive และที่เป็น Superabraasive และเนื่องจาก Superabrasive มีราคาแพงแต่สามารถใช้งานได้นานจึงทำให้หินเจียรประเภทนี้มีปริมาณ Abrasive อยู่ไม่มากนัก แต่เป็น abrasive ที่มีความแข็งแรงสูง และมีตัวเชื่อมประสาร(Bond) ที่มีความสามารถในการยึด abrasive เข้าด้วยกันอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า Normal Abrasive

สำหรับข้อกำหนด(Specification) ของหินเจียรได้มีการกำหนดให้เป็นมาตราฐาน โดยระบุ Abrasive , Grain Size , Grade , Structure , Bond Type ดังรูป.2.2 สำหรับ Normal Abrasive และ ดังรูป.2.3 สำหรับ Superabrasive



รูปที่ 2.2 ข้อกำหนดของหินเจียรชนิดธรรมดา (Normal Abrasive)



รูปที่ 2.3 ข้อกำหนดของหินเจียรชนิดพิเศษ (Super Abrasive)

ตัวเชื่อมประสาน(Bond)

ชนิดของ Bond ที่ใช้ในการจับตัวของ Abrasive คือ Vitrified , Resinoid , Rubber ,Metal และ Rubber ซึ่ง Bond เหล่านี้ใช้ได้ทั้งที่ Abrasive เป็น Normal Abrasive และ Superabrasive ยกเว้น Rubber

1.Vitrified Bond

สามารถเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า Ceramic Bond การจับตัวกันของ Abrasive ด้วย Vitrified จะทำให้หินเจียรมีความแข็งและเปราะ แต่จะมีความต้านทานการกัดกร่อนของน้ำมัน , กรด , น้ำ ได้ดี .แต่ Vitrified ไม่สามารถต้านทาน Mechanical หรือ Thermal Shock Load ได้ เพราะโดยลักษณะของตัวมันเองที่มีความแข็งและเปราะ ฉะนั้นในการใช้งานจริงควรมีแผ่นเหล็กรองหลัง (Backing Plate) เพื่อช่วยการถ่ายแรงในกรณีที่มี Shock Load

2. Resinoid

Resinoid Bond จะให้ความยืดหยุ่นตัวได้สูงกว่า Vitrified Bond และจะมีชิ้นของ Fiber Glass อยู่ภายในตัว Bond เพื่อเป็นตัวถ่วงการแยกตัวของหินเจียรในกรณีที่เกิด Load ที่ผิดปกติ. ในหินเจียรที่มีขนาดใหญ่จะมีการใส่วงแหวนโลหะไว้ภายในหินเจียรเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรง

3. Rubber

Rubber เป็น Bond ที่ให้ตัวได้มากที่สุด ฉะนั้นจะเหมาะในงานตัดวัสดุต่างๆ ด้วยหินเจียร จึงทำให้หินเจียรมีหน้าที่คล้ายใบเลื่อย

4. Metal Bond

Metal Bond จะใช้ในการจับตัวของ Superabrasive (CBN , Diamond) ซึ่งเป็นการจับตัวรอบแกนกลางโลหะ ของหินเจียร. Metal Bond จะสามารถใช้งานภายใต้ความดันที่สูงและอุณหภูมิที่สูงได้ดี . ตัวแกนกลางโลหะของหินเจียรสามารถทำจาก Aluminum , ทองเหลือง , เหล็ก หรือวัสดุหลายองค์ประกอบอื่นๆซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งาน

2.3 การสึกของหินเจียร

การสึกของหินเจียรเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา เพราะมันจะมีผลกระทบคุณภาพและความแม่นยำของผิวงานที่เจียร. การสึกหรอของหินเจียรมีอยู่ด้วยกัน หลาย ลักษณะคือ Attritious Wear , Grain Fracture , Bond Fracture ,Dressing , Turing.

2.3.1 การสึกหรอจากการเสียดสี (Attritious Wear)

Attritious Wear เป็นการสึกหรอที่คมตัดซึ่งที่อจากการเสียดสี และทำให้เกิดการสึกที่เรียกว่า Flat Wear การสึกหรอนี้สาเหตุมาจากการเสียดสีกันระหว่าง Grain และผิวของวัสดุจนทำให้เกิดปฏิกริยาทั้งทางกายภาพและเคมี ผลจากสิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของ Grain , การแตกในระดับ Micron Scale , การละลาย , การเสียรูปในระดับ Plastic Deformation .

Attritious Wear จะเกิดต่ำในกรณีที่วัสดุที่เป็นชิ้นงานและ Abrasive Grain มีปฏิกริยาในทางเคมีต่ำดังนั้นในการเลือก Abrasive จะต้องคำนึงถึงเรื่องเหล่านี้ด้วย และต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางกล เช่น ความแข็ง , ความเหนียว และชนิดของน้ำ Coolant ที่ใช้ในระหว่างการเจียรงานด้วย.

2.3.2 การแตกหักของ Grain (Grain Fracture)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า Abrasive Grain จะต้องมีความเปราะและมีความสามารถในการแตกหักได้. สภาวะที่เหมาะสมคือ Grain ควรมีการแตกหักในอัตราที่พอเหมาะ จึงจะทำให้เกิดคมตัดใหม่โดยการเปิดผิวหน้าใหม่ของหินเจียร อย่างต่อเนื่องในระหว่างการเจียร

การเลือกชนิดและขนาดของ Grain ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานตัวอย่างเช่น ถ้าเลือก Grain และวัสดุที่ทำให้เกิด Attritious Wear และมีความร่วนต่ำก็จะทำให้เกิด Grain ที่ที่อและมี Flat Wear ได้ง่ายก็จะส่งผลให้ผิวงานเจียรไม่ดีและอาจส่งผลถึงเกิดการระเบิดระหว่างการเจียรได้

2.3.3 การแตกหักของการยึดเกาะ(Bond Fracture)

ความแข็งแรงของ Bond เป็นตัวแปรหนึ่งการเจียรงาน ถ้า Bond แข็งเกินไปจะทำให้ Grain ที่ที่อแล้วไม่สามารถหลุดออกมาจาก Bond ได้ จะทำให้ผิวงานที่เจียรออกมาไม่ดี และถ้า Bond อ่อนเกินไปจะทำให้ Grain หลุดออกจาก Bond ง่ายจนทำให้เกิดอัตราการสึกเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การควบคุมขนาดและความแม่นยำของชิ้นงานทำได้ยาก ฉะนั้นในการเลือกใช้จะต้องพิจารณาให้เกิดความเหมาะสม.

2.3.4 การตัดและปรับแต่งหินเจียร (Dressing , Truing of Grinding Wheel)

Dressing เป็นกระบวนการสร้างผิวของหินเจียรใหม่โดยทำให้คมตัดเก่าที่สึกแล้วหลุดออกไป การ Dressing จะสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อหินเจียรมีลักษณะที่บกพร่องดังต่อไปนี้

- การสึกแบบ Attritious Wear ที่ Grain โดยสังเกตได้จากมีแสงแวววาวตลอดผิวของหินเจียร
- เมื่อ Porosities บนผิวของหินเจียรเต็มไปด้วยเศษเจียร ซึ่งเกิดในกรณีที่เลือกหินเจียรไม่เหมาะสมกับวัสดุ

การ Dressing สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

1) ใช้ Diamond ที่มีรูปร่างถูกออกแบบมาโดยเฉพาะหรือเป็นแบบ Cluster วิ่งผ่านหินเจียรที่กำลังหมุนและในการวิ่งผ่านแต่ละครั้งจะต้องมีการตัดผิวของหินเจียรออกเป็นชิ้นบางๆเพื่อเปิดผิวใหม่ให้กับหินเจียร
2) ใช้แผ่นเหล็กที่มีรูปร่างเป็นจานเคลื่อนที่ผ่านหินเจียรขณะที่กำลังหมุน ซึ่งจะทำให้ Grain แตกหักเนื่องจากการขน ก็จะเป็นการเปิดผิวใหม่ได้เช่นกัน. วิธีนี้จะใช้ในการเจียรหยาบและ เครื่องจักรประเภท Manual
3) ใช้ระบบ Electrical Discharge กับพวก Metal Bond

การ Dressing มีผลโดยตรงกับผิวของหินเจียรซึ่งจะส่งผลกระทบไปถึงกำลังในการเจียรและคุณภาพของผิวเจียร ในปัจจุบันได้มีการทำเครื่องเจียรที่ใช้ระบบ CNC เข้าควบคุม จึงทำให้สามารถ Dressing หินเจียรได้สะดวกและรวดเร็วและทำให้คุณภาพของผิวงานดีขึ้น

Truing เป็นรูปแบบหนึ่งของการ Dressing แต่เป็นการทำเพื่อสร้างหินเจียรที่มีเส้นรอบวงที่กลมขึ้นมาอีกครั้ง ซึ่งกรรมวิธีการ Truing จะเหมือนกับ Dressing แต่สิ่งที่แตกต่างกันคือ การ Truing จะต้องทำเมื่อมีการเริ่มต้นในการใช้หินเจียรก่อนใหม่ ซึ่งจุดประสงค์ของการทำคือการปรับขนาดของหินเจียรและลักษณะความกลมของเส้นรอบวงของหินเจียรให้มีความกลมก่อนที่จะทำใช้ในการเจียรชิ้นงานจริง

2.4 การใช้งานหินเจียร

2.4.1 กรรมวิธีในการเจียรชิ้นงาน

การเจียรเป็นกระบวนการตัดที่ทำให้ได้เศษเจียรออกมา และอุปกรณ์ในการตัด (Cutting Tool) คือ Abrasive Grain แต่ละชิ้น . สำหรับความแตกต่างระหว่างการตัดด้วย Grain และ Cutting Tool ที่มีคมตัดเดียวคือ รูปร่างของ Grain แต่ละชิ้นจะมีรูปร่างที่ไม่แน่นอนและการวางตัวเป็นแบบสุ่มรอบแกนของหินเจียร. โดยเฉลี่ย Rake Angle ของ Grain จะเป็นมุม Negative ดังนั้นเศษเจียรที่เกิดขึ้นจะเกิดการบิดโค้งจนเสียรูปร่างเดิมไปอย่างมากเมื่อเทียบกับวิธีการผลิตอื่นๆ

ในกระบวนการเจียรตัวแปรที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของหินเจียร (D) , ความเร็วในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของ Grain แต่ละชิ้น (V) , ความเร็วของชิ้นงาน (v) , Wheel Depth Cut (d) , Grain Depth of Cut (t) , ระยะที่เกิดการเจียร (Underformed Length ; l)

ในการเจียรผิวภายใน (Internal Grinding) จะต้องใช้หินเจียรทรงกลมที่มีขนาดเล็ก. ชิ้นงานที่ถูกเจียรจะต้องถูกจับอยู่บนหัวจับของเครื่องจักร(Chuck) ที่สามารถหมุนได้ และหินเจียรหมุนด้วยความเร็วรอบ 20,000 - 30,000 รอบต่อนาทีหรือมากกว่านั้น. รูปร่างของหินเจียรสามารถขึ้นรูปได้ด้วยหินตกแต่ง (Dressed Wheel) สำหรับ Normal Abrasive และ Diamond Wheel สำหรับ Superabrasive . ทางด้าน Wheel Head จะสามารถปรับแต่งได้ในแนวระดับเพื่อให้สามารถเจียรชิ้นงานให้เรียวได้

2.4.2 การควบคุมสมรรถนะในการเจียรโลหะ

ด้วยเครื่องจักรที่มีความสามารถในการเจียรสูงและสามารถควบคุมได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตสูงยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้ใช้ประโยชน์เครื่องจักรกลและวัตถุดิบให้เป็นประโยชน์ที่ดีที่สุด จึงควรที่จะสามารถทำนายลักษณะการทำงานลักษณะการทำงานของเครื่องจักรและหินเจียร ตลอดจนชิ้นงานระหว่างการเจียรได้พอสมควร การที่จะทำการทดลองแบบลองผิดลองถูก บางครั้งอาจเป็นอันตรายและเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาการเจียรโลหะ โดยแบ่งสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเจียรโลหะออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 คือ พารามิเตอร์ที่บ่งบอกสมรรถนะ(Performance Paramater) คือ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพหรือความสามารถในการผลิตว่าดีหรือไม่อย่างไร ได้แก่

1.แรงในการเจียร (cutting Force)

2.คุณภาพของผิวเจียร

- ขนาดความผิดพลาดที่ยอมรับได้

3.อายุการใช้งานของ หินเจียร

4.ค่าดัชนีทางเศรษฐศาสตร์

- อัตราผลผลิตต่อหน่วยเวลา
- ต้นทุนการผลิตต่อชิ้น

กลุ่มที่ 2 คือ ตัวแปรที่ใช้กำหนดเงื่อนไขในการเจียร(Grinding Condition Variable) คือตัวแปรที่ใช้ควบคุมเงื่อนไขในการเจียร ได้แก่ ความเร็วในการเจียร (Grinding Speed) ความลึกในการเจียร (Depth Of Cut) ดังนั้นเมื่อทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เกี่ยวข้องของทั้งสองกลุ่มแล้ว ก็จะสามารถเลือก Cutting Variable ที่เหมาะสมกับงานที่ทำได้ .

1.คุณสมบัติของวัสดุที่เป็นชิ้นงาน

2.คุณสมบัติของวัสดุที่เป็นหินเจียร

3.ความเร็วในการเจียร

4.ความเร็วในการป้อน.

5.ความลึกของการเจียร

6.น้ำหล่อเย็นและอัตราการฉีด

7.สภาพเครื่องจักร

2.4.3 ความสำคัญของตัวแปรและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

วัสดุที่ใช้ทำหินเจียร (Grinding Stone) มีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออายุการใช้งานของหินเจียรและความรวดเร็วในการผลิต ซึ่งวัสดุที่มาทำหินเจียรจะต้องแข็งกว่าวัสดุที่เป็นชิ้นงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรักษาคุณสมบัติความแข็งได้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นั่นคือทนสภาวะที่ความเร็วสูงได้

ความเร็วในการเจียร (Grinding Speed),ความลึกในการเจียร (Depth Of Cut), อัตราการป้อน(Feed Rate) จะมีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานที่ออกมา ดังนั้น การเลือกหาจุดที่เหมาะสมที่สุดอาจต้องดูตาม คำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน เพื่อให้คุณภาพชิ้นงานนั้นซึ่งได้แก่ ขนาด ,

ความเรียบ , ความกลม , ความเรียว อยู่ภายใน พิกัดที่กำหนด (Tolerance) ของข้อกำหนดของชิ้นงานนั้น และจะต้องมีเวลาในการผลิตและต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม

2.4.4 เกณฑ์การบ่งบอกอายุการใช้งานของหินเจียร (Tool Life Criterior)

อายุการใช้งานของหินเจียร มีความสำคัญต่อต้นทุนการผลิตเป็นอย่างมาก. การวัดอายุการใช้งานของหินเจียรจะเริ่มนับอายุการใช้งานของหินเจียรตั้งแต่เวลาที่เริ่มเปลี่ยนหินเจียรใหม่ จนกระทั่งถึงเวลาที่หินเจียรเสื่อมสภาพจนไม่สามารถทำกาเจียรงานให้ได้ตามข้อกำหนดที่ต้องการ แต่ในทางปฏิบัติทั่วไปของงานเจียร ต้องคำนึงถึงคุณภาพของชิ้นงานด้วย ฉะนั้นเกณฑ์การบ่งบอกอายุการใช้งานของหินเจียรคือ การบ่งบอกสภาพการสิ้นอายุของหินเจียรโดยยึดถือตัวชิ้นงานเป็นหลัก ได้แก่ ความเรียบ , ความกลม , ความเรียว เป็นต้น . มีค่าเกินกว่าที่กำหนด

2.5 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการเจียรในเชิงเศรษฐศาสตร์

ขั้นตอนการทำงานของพนักงานประจำเครื่องและเครื่องจักรจะมีรอบในการทำงานดังต่อไปนี้

1.การนำชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Load Work , LW)

2.การเคลื่อนที่เข้า ของ Tool (Advance Tool , AT)

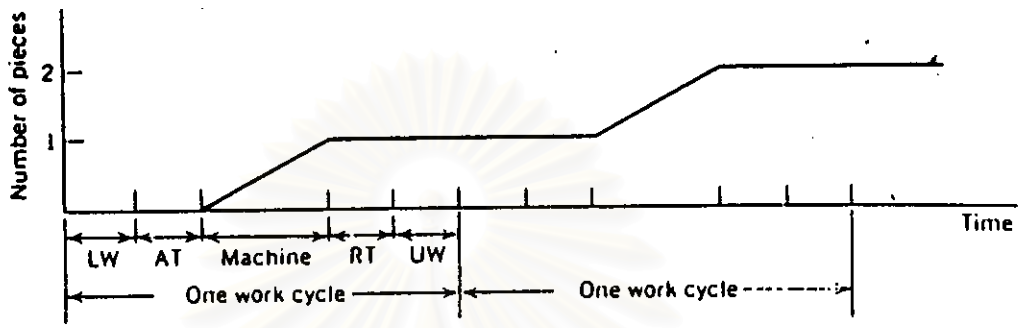
3.เครื่องจักรทำงาน (Grinding)

4.การเคลื่อนที่ออกของ Tool (Retract Tool , RT)

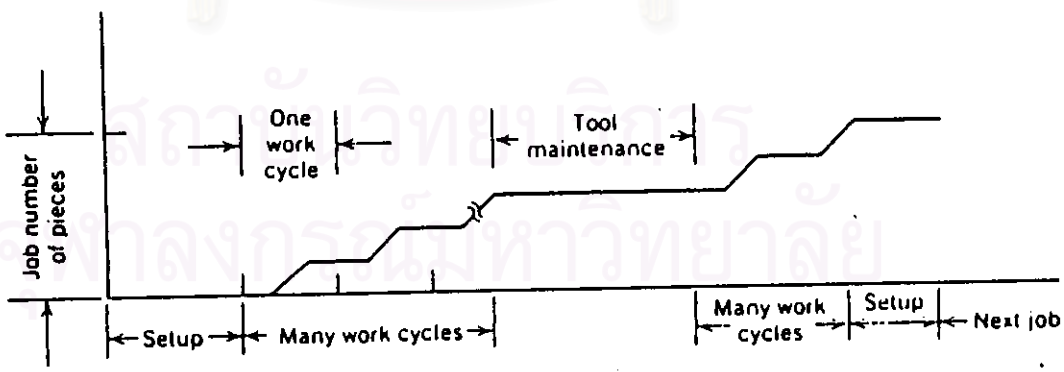
5.การนำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร (Unload Work ,UW)

จากขั้นตอนทั้งหมดเรียกว่า การทำงาน 1 รอบการทำงาน ซึ่งเมื่อทำงานไปช่วงระยะเวลาหนึ่งจะต้องทำการปรับแต่งTool เพื่อให้สามารถใช้งานได้อีกครั้ง รูปแบบการทำงานทั้งหมดนี้สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 แสดงรอบการทำงานของการเจียรแต่ละรอบ



รูปที่ 2.5 แสดงรอบการทำงานของการเจียรหลายๆรอบ

ฉะนั้นแล้วค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อการทำงาน 1 รอบการทำงานจะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้ Handing Cost, Grinding Cost, Tool Chaning Cost, Tooling Cost

1.Handing Cost เป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการนำชิ้นงานเข้าและออกจากเครื่องจักร และการเครื่องที่ของ Tool เข้าและออกจากชิ้นงาน สำหรับ 1 รอบการทำงาน ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในส่วนนี้จะไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วตัด และเป็นค่าที่คงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เนื่องมาจากการออกแบบเครื่องจักรตั้งแต่เริ่มแรก ดังรูปที่ 2.6 A ซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$\text{Handing Cost} = C_o \times T_h \qquad \text{---- (2.1)}$$

เมื่อ C_o = ค่าแรงของพนักงานปฏิบัติการ (บาท / นาที)

T_h = เวลาที่ใช้ในการ Handing (นาที)

2.Grinding Cost เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเสียเวลาในการเจียรชิ้นงาน สำหรับ 1 รอบการทำงาน ซึ่งค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด เมื่อความเร็วตัดเพิ่มขึ้นจะทำให้เวลาในการเจียรงานลดลง ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรลดลงด้วย ดังรูปที่ 2.6 B ซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$\text{Grinding Cost} = C_o \times T_g \qquad \text{---------- (2.2)}$$

เมื่อ C_o = ค่าแรงทางตรง (บาท / นาที)

T_g = เวลาในการเจียร ต่อ ชิ้นงาน 1 ชิ้น (นาที)

เวลาในการเจียร (T_g) เป็นเวลาที่ต้องใช้จริงในการเจียรผิวชิ้นงานที่ไม่ต้องการออกไป

$$T_g = (L / f N) \qquad \text{---------- (2.3-1)}$$

$$T_g = (L \times 3.14 \times D / 1{,}000\ V \times f) \times C \qquad \text{---------- (2.3-2)}$$

เมื่อ T_g = เวลาในการเจียร ต่อ ชิ้นงาน 1 ชิ้น (นาที)

L = ความยาวในการเจียร (มิลลิเมตร)

D = เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)

V = ความเร็วตัด (เมตร / นาที)

f = อัตราการป้อน (มิลลิเมตร / รอบ)

C = จำนวนรอบทั้งหมดของหินเจียรในการเคลื่อนที่เข้า - ออก เมื่อทำการเจียรชิ้นงาน 1 ชิ้น

อายุการใช้งานหินเจียร (Tool Life)

จากปัจจัยต่างที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีในการเจียรสามารถที่จะนำมาแสดงได้ในรูปของความสัมพันธ์ของอายุการใช้งาน(Tool Life, T) กับ ความเร็วตัด(Cutting Tool, V) อัตราการป้อน(Feed Rate, f) ความลึกในการตัด(Depth of Cut, d) ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ในรูปของ Taylor' s Equation สำหรับรูปแบบของ Taylor's Equation สามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V T^{n} f^{x} d^{y} = C \qquad \text{----------(2.4)}$$

จากผลการทดลองที่ได้จะต้องนำมาทำการคำนวณหาค่าดัชนี n, x, y และค่า คงที่ C โดยใช้หลักการของ Linear Regression ช่วยในการหาค่าดัชนีและค่าคงที่เหล่านี้ ซึ่งในการคำนวณนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window ช่วยในการคำนวณ แต่อย่างไรก็ตามในการหาค่าดัชนีต่างๆและการหาค่าตัวแปรโดยใช้หลักการของ Linear Regression ได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องทำการแปรรูปของสมการที่กล่างในข้างต้นให้อยู่ในรูปของ Logarithm เสียก่อน ซึ่งจะได้รูปแบบของสมการใหม่ดังต่อไปนี้

$$\log(V T^{n} f^{x} d^{y}) = \log C \qquad \text{----------(2.5)}$$

$$\log V + n\log T + x\log f + y\log d = \log C \qquad \text{----------(2.6)}$$

$$\log V = \log C - n\log T - x\log f - y\log d \qquad \text{------(2.7)}$$

จากสมการ(2.4) จะเห็นได้ว่าเป็นสมการที่อยู่ในรูปของสมการเส้นตรง ซึ่งสามารถที่จะใช้หลักการของ Linear Regression เพื่อช่วยในการหาค่าดัชนีต่างๆ และหาค่าคงที่ C เมื่อทำการทดลองและคำนวณหาอายุการใช้งานของหินเจียรและความสัมพันธ์ของอายุการใช้งาน ความเร็วตัด ความลึกในการตัด อัตราการป้อน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.Tool Changing Cost เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนหินเจียรสำหรับ 1 รอบการทำงาน ซึ่งจะทำการเปลี่ยนหินเจียรที่หมดประสิทธิภาพในการใช้งาน ซึ่งค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด เมื่อความเร็วตัดเพิ่มมากขึ้นจะทำให้อายุการใช้งานของหินเจียรลดลง ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหินเจียรเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 2.6 C สูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$\text{Tool Chaning Cost} = (C_o \times T_c \times T_g)/T \text{ ---------- (2.8)}$$

เมื่อ T = อายุการใช้งานของหินเจียร (นาที)

T_c = เวลาที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนหินเจียร (นาที)

C_o = ค่าแรงทางตรง(บาท / นาที)

4.Tooling Cost เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้หินเจียรสำหรับ 1 รอบการทำงาน เพราะเมื่อเจียรชิ้นงานไปหินเจียรจะต้องสึกและหมดอายุในที่สุด และค่าใช้จ่ายนี้มีความผันแปรกับราคาของหินเจียรและอายุการใช้งานของหินเจียร เนื่องจากว่าเมื่อความเร็วตัดในการเจียรสูงขึ้นอายุการใช้งานลดลง ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายของหินเจียรเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 2.6 D สูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

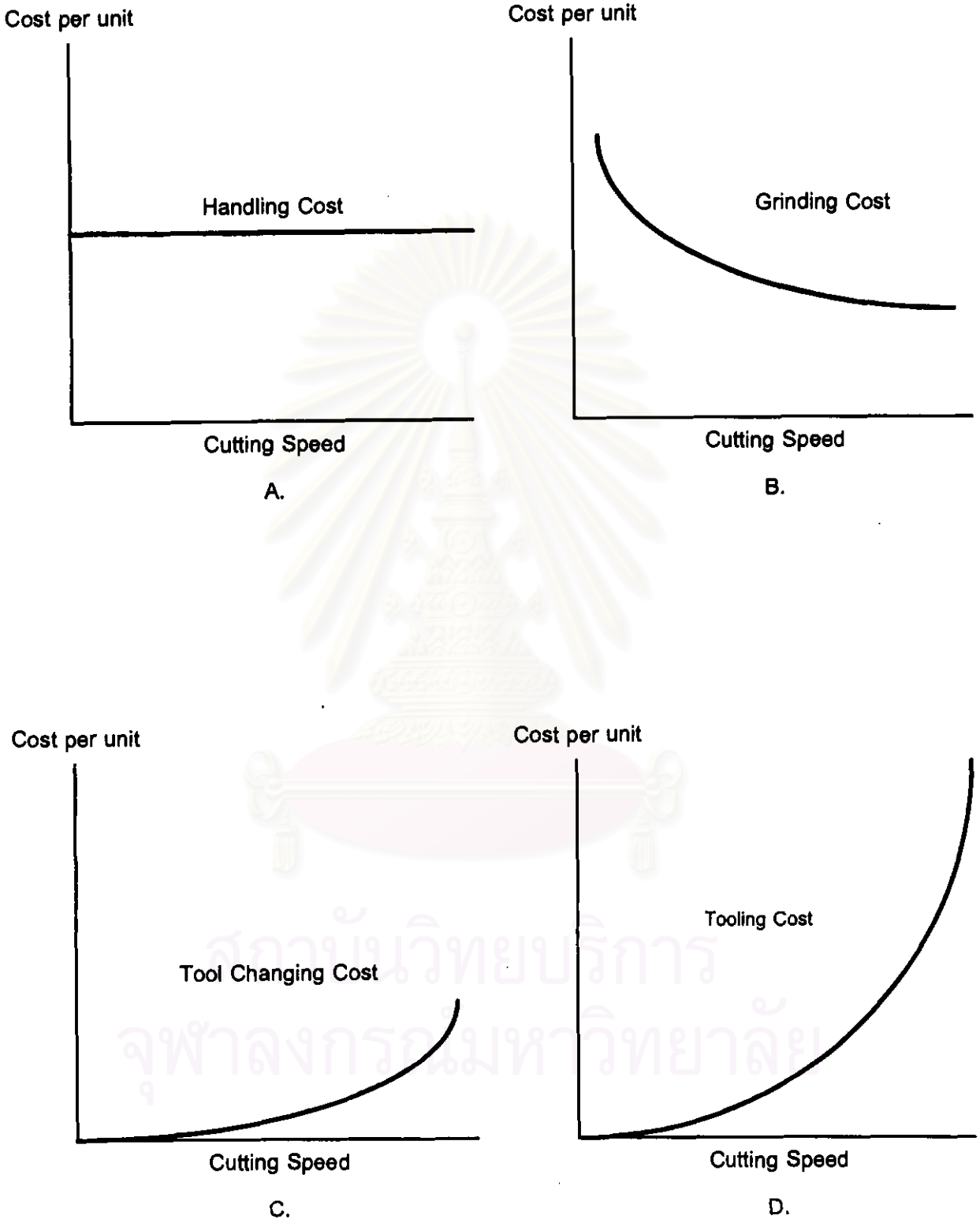
$$\text{Tooling Cost} = C_t T_g / T \quad \text{---------- (2.9)}$$

เมื่อ C_t = ราคาของหินเจียร (บาท)

จากสมการที่ (2.5), (2.6), (2.8) และ (2.9) เมื่อนำมารวมกันจะได้ ต้นทุนรวม (C_u) ดังแสดงได้ดังสมการข้างล่างนี้

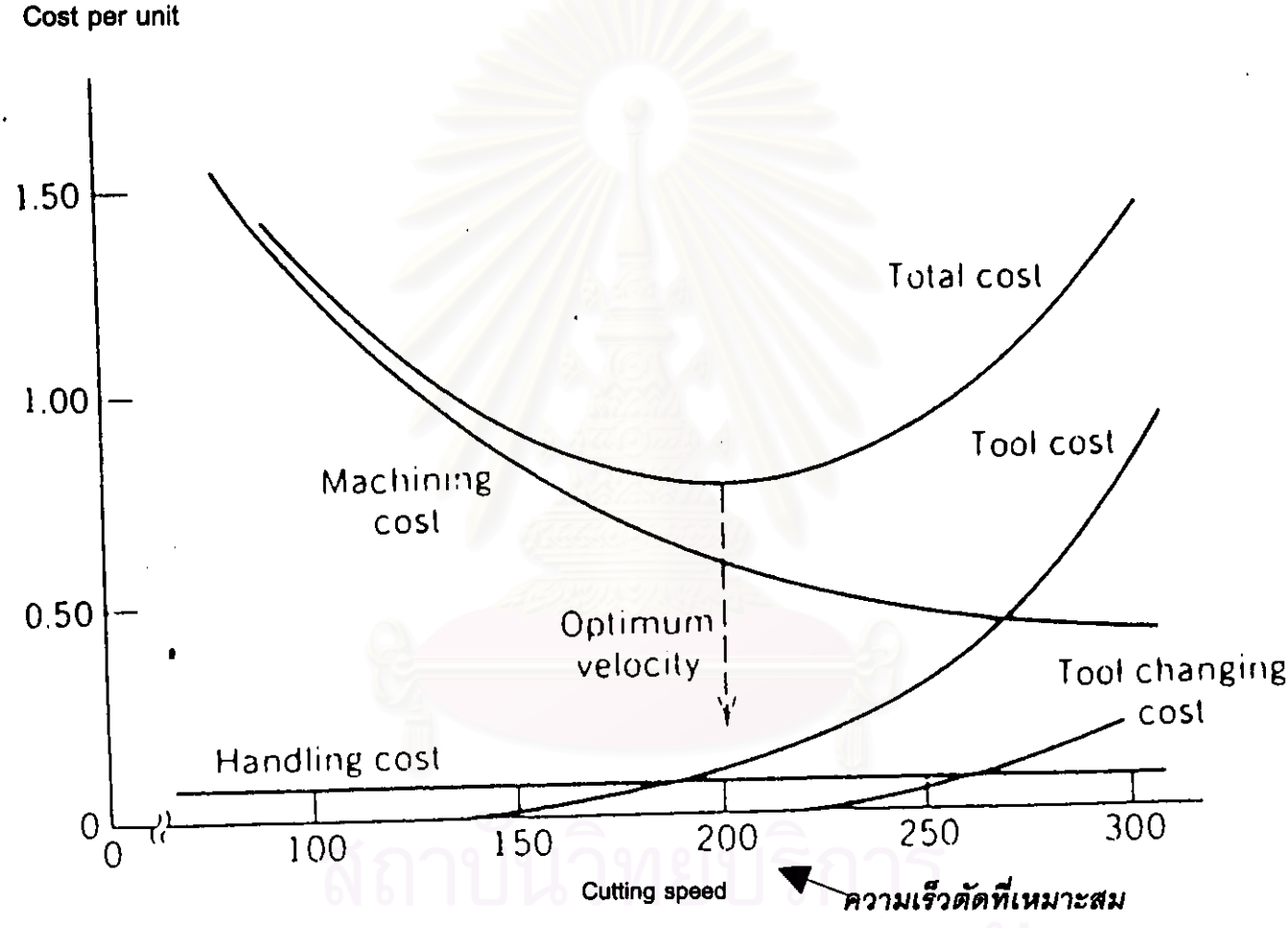
$$C_u = [C_o \times T_h] + [C_o \times T_g] + [C_o \times T_c \times T_g/T] + [C_t \times T_g / T] \text{ ---------- (2.10)}$$

และจากสมการสามารถนำมาแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 2.7 กราฟแสดงผลกระทบของความเร็วตัดที่มีต่อ Handing Cost , Grinding Cost , Tool Changing Cost , Tooling Cost



รูปที่ 2.6 แสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในทั้ง 4 ส่วนที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 แสดงผลกระทบของความเร็วตัดที่มีต่อ Handling Cost , Grinding Cost , Tool Changing Cost , Tooling Cost

2.6 การวิเคราะห์เงื่อนไขที่เหมาะสมในการเลือกใช้หินเจียร

ในการเลือกเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับหินเจียรแต่ละชนิดสามารถหาได้จากเมื่อทำการ หา differential Equation ของสมการที่ 2.10 ที่เทียบกับความเร็วตัด ณ จุดที่เท่ากับ 0 จะได้สมการที่สามารถหาความเร็วตัดที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำที่สุดดังสมการด้านล่าง

$$V_{min,\,cost} = K / [1/n - 1)(C_u t_c + C_t) / C_o]^n \quad \text{----------(2.11)}$$

$V_{min,\,cost}$ = ความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต่ำที่สุด

สำหรับการคำนวณกำลังการผลิต ซึ่งนับได้ว่าเป็นปัจจัยหนึ่งในการผลิต จะสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$T_u = T_h + T_g + T_c T_g / T \quad \text{----------(2.12)}$$

T_u = เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น

ในสภาวะการผลิตที่ต้องเร่งกำลังการผลิตเพื่อให้ทันตามความต้องการของลูกค้า การที่จะต้องเร่งความเร็วตัดของหินเจียรให้เพิ่มมากขึ้นเป็นสิ่งที่ต้องทำ แต่อย่างไรก็ตาม การเร่งความเร็วตัดที่มากไม่ได้ให้กำลังการผลิตที่มากขึ้นเสมอไป ซึ่งความเร็วตัดสูงสุดที่ให้***อัตราการผลิตที่มากที่สุด***สามารถหาได้โดย สมมุติได้ว่า ค่าใช้จ่ายของหินเจียรมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับราคาของชิ้นงาน นั้นคือ จากสมการที่ 2.11 เมื่อแทนค่า $C_t = 0$ จะทำให้ได้สมการของความเร็วตัดที่ทำให้กำลังการผลิตสูงที่สุดคือ

$$V_{max,\,prod} = K / [1/n - 1)t_c]^n \quad \text{----------(2.13)}$$

$V_{max,\,prod}$ = ความเร็วตัดที่ทำให้อัตราการผลิตสูงที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7 สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- **ไสว สุขวิทยาวงษ์** (1991) , ได้ทำการศึกษาหาสภาวะการตัดที่เหมาะสมที่สุด กับชิ้นงานเป็นเหล็ก AISI 1045 โดยทำการศึกษาถึงความสึกหรอและอายุการใช้งานของมีดตัด เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายในการตัดชิ้นงาน และหลังจากนั้นได้ทำการพิจารณาหาสภาวะการตัดที่ดีกว่าด้วยวิธีการของ Optimum Gradient Method จนกระทั่งสามารถกำหนดสภาวะการตัดที่เหมาะสมที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการตัดที่ต่ำสุด จากการทดลองโดยใช้มีดตัดคาร์ไบด์ แสดงให้เห็นว่า สภาวะการตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ มีความเร็วในการตัด 172 เมตร/ ต่อนาที และอัตราการป้อนตัด 0.5146 มิลลิเมตร/รอบ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการตัด 9.39 บาท/ ชิ้น. และสภาวะการตัดที่เหมาะสม คือ ความเร็วในการตัด 185 เมตร/นาที และอัตราการป้อนตัด 0.4994 มิลลิเมตร/รอบ

- **สุนันท์ พูลบุญ และสาโรจน์ เจนเชา** (1985) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสึกหรอของมีดกลึง HSS ทั้ง 8 บริษัทที่สภาวะของการใช้และไม่ใช้สารหล่อเย็นที่ความเร็วตัดต่างๆ โดยวัดขนาดของ Flank Wear และภาพถ่ายบันทึกไว้ ด้วย จากผลการทดลองปรากฏว่า เมื่อไม่ใช้สารหล่อเย็น มีดตัดทั้ง 8 บริษัทที่ความเร็วต่างๆมีการสึกหรอที่ใกล้เคียงกัน ในช่วงความเร็วไม่เกิน 30 เมตร / นาที การสึกหรอในกรณีที่ใช้สารหล่อเย็น ต่ำกว่าที่ไม่ใช้สารหล่อเย็นเพียงเล็กน้อย แต่ที่ความเร็วตัดตั้งแต่ 35 เมตร/นาที การสึกหรอในกรณีที่ใช้สารหล่อเย็นสูงกว่าในกรณีที่ไม่ใช้สารหล่อเย็นมาก

- **ปรีชา บริการหัตถกิจ** (1984) ทำการศึกษาถึงอายุการใช้งานของมีดกลึง HSS โดยใช้มีดกลึง HSS จาก 8 บริษัท ซึ่งมีดตัดนี้ลับมุมตามมาตราฐาน American Lathe Tool Specification และทำการกลึงชิ้นงานบนเครื่องกลึง Harrison M 500 ซึ่งผลการทดสอบปรากฏว่า มีดกลึงที่มีราคาแพงมีอายุการใช้งานที่สูงกว่ามีดกลึงที่มีราคาถูก

- **บรรยงค์ จงไทยรุ่งเรือง** (1994) ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ ของ 3 ตัวแปร คือ ส่วนโค้งปลายมีด , ความลึกในการกินงาน , อัตราการเดินมีดต่อรอบ ที่มีผลต่อความเรียบผิวโดยใช้หลักการของ Design and Analysis of Experiment เป็นพื้นฐานในการวิจัย และในการศึกษาถึงส่วนโค้งปลายมีดไม่มีผลต่ออัตราการหลุดของเศษโลหะ เนื่องจากในการกินชิ้นงานไม่มีผลต่อความเรียบผิว แต่สามารถควบคุมอัตราการหลุดออกของเศษโลหะให้ได้ตามความเรียบผิวที่ต้องการ โดยเลือกอัตราการเดินมีดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความเรียบผิวที่ต้องการ .

- **องุ่น เพชรรัตน์** (1990) ได้ทำการศึกษาและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการเลือกตัวแปรควบคุมในการกลึงโลหะอย่างหยาบเพื่อให้ได้อัตราการผลิตที่สูงสุด โปรแกรมนี้เขียนด้วยภาษาปาสคาลรุ่น 4.0 สำหรับใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC Compatible ขนาด 16 Bit ตัวแปรที่ควบคุมที่นำมาใช้ได้แก่ ความเร็วในการตัดและอัตราการป้อนมีด ในการวิเคราะห์หาค่าความเร็วในการตัดและอัตราการป้อนมีดที่เหมาะสม โปรแกรมจะให้ค่าอัตราผลิตที่ผิดพลาดน้อยกว่า 8 %

- **คำรณ พิทักษ์** (1987) ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกระเทาะเม็ดมะม่วงหินมะพานต์ โดยใช้ขนาดเม็ดมะม่วง 2 ขนาดคือ ขนาดใหญ่ และ เล็ก และมีการปรับเปลี่ยนความเร็วดังต่อไปนี้ 310 430,500,600,720 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียล ที่เวลาในการทอด 30 ,40,45,50,55,60,70 วินาที ในการวิเคราะห์ผลการวิจัย ใช้วิธีทางกราฟและสถิติ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ อุณหภูมิ 300 องศา เซนเซียล โดยทอดเป็นเวลา 50 วินาที

- **นิธิ บุรณจันทร์** (1984) ได้ทำการศึกษาถึงแรงตัดสูงสุดที่มีดกลึงสามารถรับได้ โดยใช้มีดกลึงทั้งหมด 9 บริษัท รับแรงกดบนหน้า Rake ซึ่งมีดตัดนี้ลับมุมตามมาตราฐาน American Lathe Tool Specification จนกระทั่งมีดกลึงแต่หัก เพื่อหาแรงตัดสูงสุดที่มีดกลึงแต่ละบริษัท สามารถรับได้ ซึ่งผลการทดลองมีดกลึง HSS ที่มีความแข็งสูงมีแนวโน้มที่จะรับแรงตัดได้น้อยกว่ามีดกลึงที่มีความแข็งต่ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย