บทที่ 3

การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการกลึงปอกเพื่อประหยัดเวลาหรือค่าใช้จ่าย (OCT Version 1.0)

3.1 ขั้นตอนวิธีการในการพัฒนาโปรแกรม

การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการกลึงปอกเพื่อประหยัดเวลาหรือค่าใช้จ่าย เริ่มด้วยการศึกษาถึงทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ของการกลึงปอก และศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ต่อจากนั้นจึงหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับนำมาคำนวณ เพื่อค่าความเร็วในการตัด อัตราการป้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกลึงปอก จากการพิจารณาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรต่างๆ ปรากฏว่าเป็นรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้นไม่ตรง (nonlinear programming) หลังจากที่เราได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามที่ต้องการแล้วจึงเริ่มพัฒนาโปรแกรมเพื่อหาคำตอบ โดยภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมนี้จะใช้ Microsoft visual basic 6.0 สำหรับค่าคงที่ต่างๆ ของสมการอายุคมมีดจะเก็บไว้ในฐานข้อมูลของ Microsoft access 97

เมื่อพัฒนาโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะนำโปรแกรมดังกล่าวมาคำนวณตามสถานะการที่สมมุติขึ้น แล้วนำคำตอบที่ได้จากโปรแกรมมาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณโดยวิธีปกติซึ่งได้ใช้โปรแกรม Lingo version 7.0 ของบริษัท Lindo Systems ,Inc.ช่วยในการคำนวณหาคำตอบในส่วนของสมการเชิงเส้นไม่ตรง ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการทวนสอบการทำงานของโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นว่าสามารถหาคำตอบได้ถูกต้องตรงตามทฤษฎี

หลังจากทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเสร็จเรียบร้อยแล้วขั้นถัดไปเป็นการทดลองนำค่าที่ได้จากโปรแกรม คือ ค่าความเร็วในการตัด อัตราการป้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกลึงปอก ไปทดลองปฏิบัติจริง เพื่อเปรียบเทียบดูว่าค่าที่คำนวณได้ตามทฤษฎี สามารถนำไปปฏิบัติจริงได้หรือไม่ การปฏิบัติได้จริง หมายความว่าใบมีดไม่แตกหักในทันทีที่สัมผัสกับชิ้นงาน และคำนวณว่าอายุของคมมีดจากการปฏิบัติจริงมีค่าเท่าไร การแตกหักหรือสึกหรอของคมมีดมีลักษณะอย่างไร

ในส่วนต่อไปจะเป็นการนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้งาน โดยส่วนแรกจะเป็นการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรทุกตัวที่ป้อนเข้าโปรแกรม เพื่อดูว่าตัวแปรแต่ละตัวมีผลอย่างไรต่อค่าความเร็วในการตัด และอัตราการป้อนที่เหมาะสมที่สุดทั้ง 2 กรณีของเป้าหมายเชิงเศรษฐศาสตร์ คือ เพื่อต้องการให้ต้นทุนต่อชิ้นต่ำสุด (minimum cost per piece) หรือเพื่อต้องการให้เวลาต่อชิ้นต่ำสุด

(minimum time per piece) ในส่วนที่สองจะเป็นตัวอย่างการนำโปรแกรม OCT Version 1.0 ไปประยุกต์ใช้สำหรับช่วยตัดสินใจเลือกใช้สภาวะการตัดที่เหมาะสม

ซึ่งขั้นตอนในส่วนของการพัฒนาโปรแกรม OCT Version 1.0 จะประกอบไปด้วยขั้นตอนย่อยๆ ดังต่อไปนี้

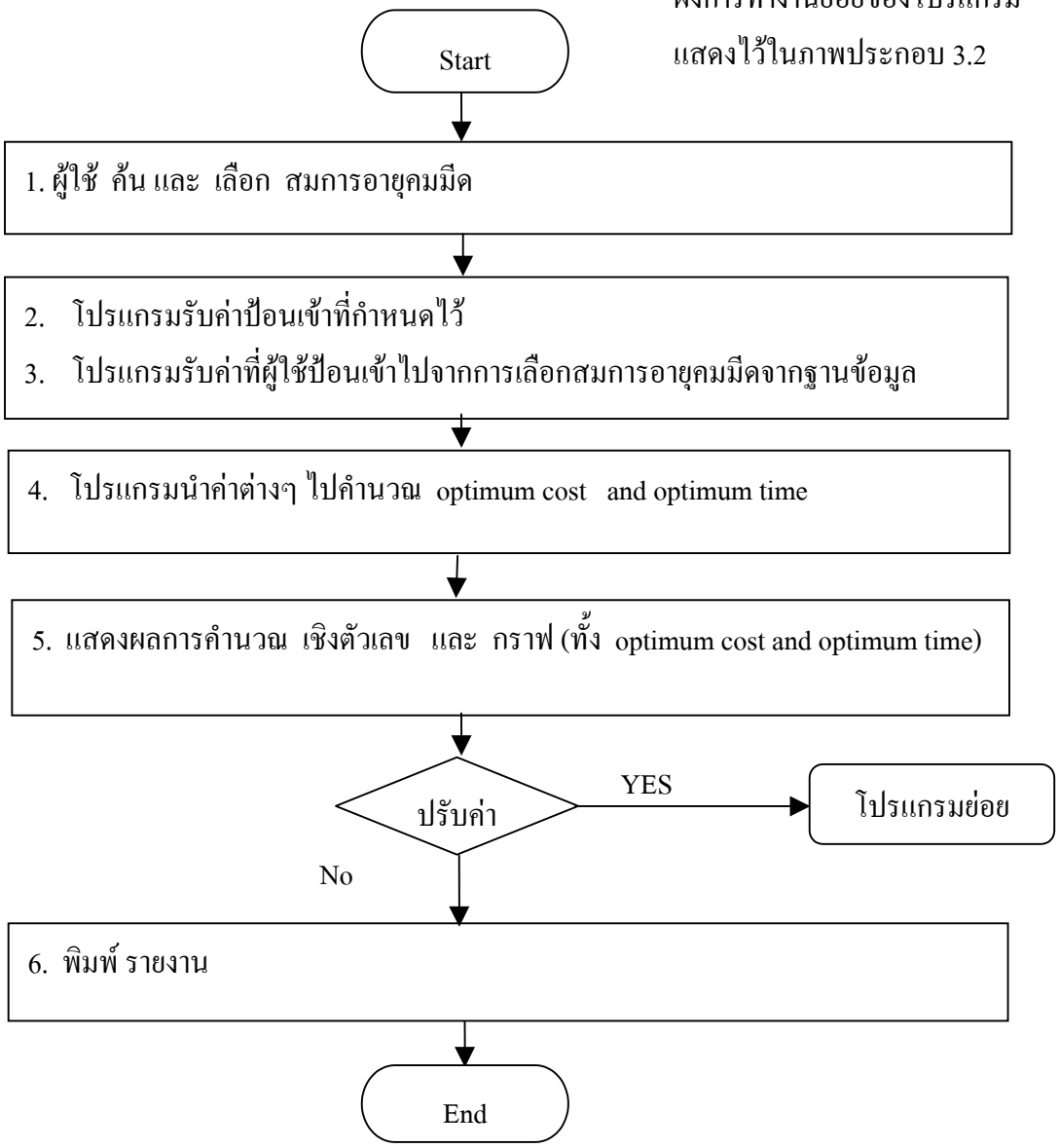
(1) ผังการทำงานของโปรแกรม

(2) การออกแบบฐานข้อมูล

(3) รูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณของโปรแกรม

3.2 ผังการทำงานของโปรแกรม OCT version 1.0

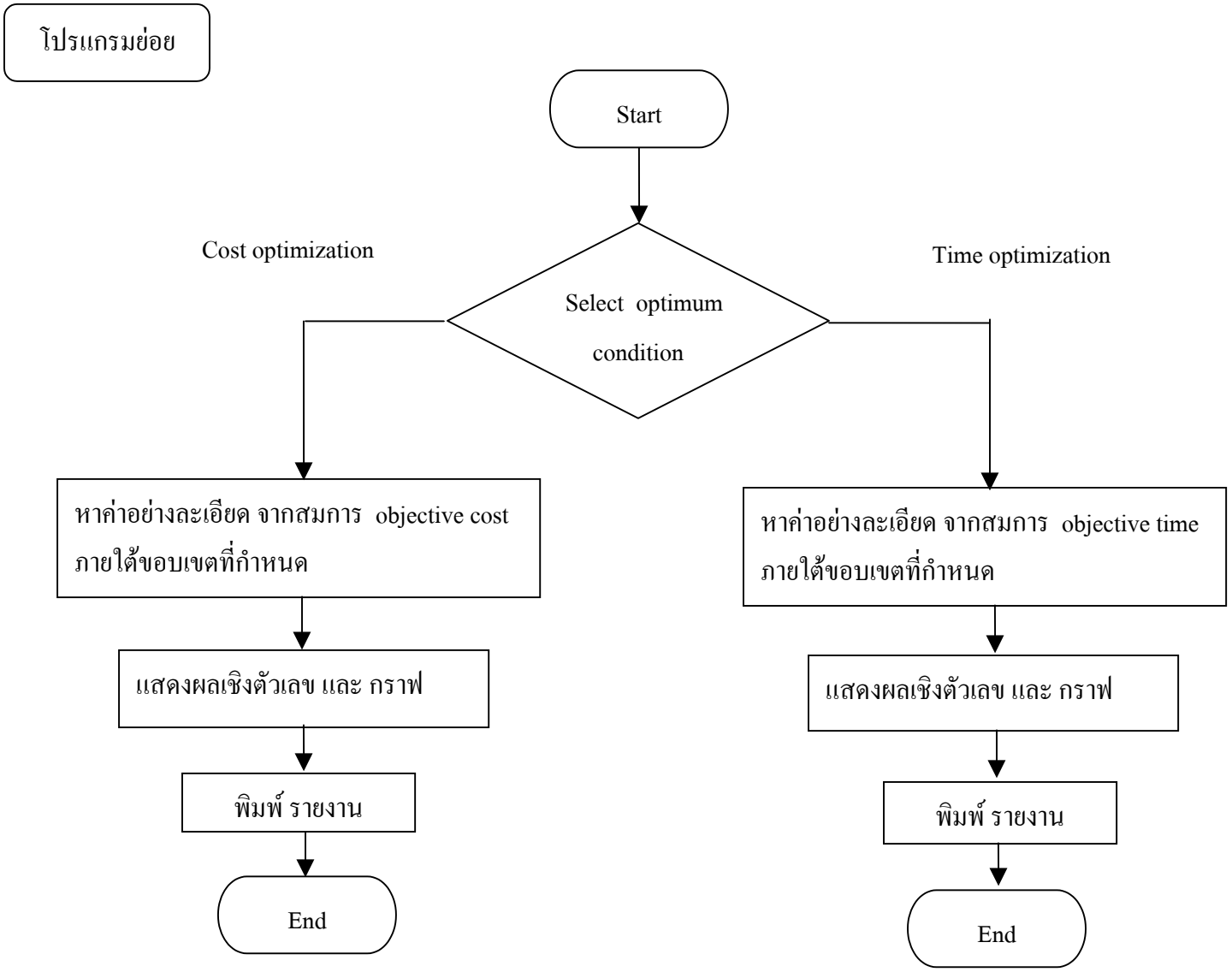
ผังการทำงานหลักของโปรแกรม แสดงไว้ในภาพประกอบ 3.1 และ ผังการทำงานย่อยของโปรแกรม แสดงไว้ในภาพประกอบ 3.2



หมายเหตุ ผลการคำนวณ เชิงตัวเลข ประกอบด้วย

1. Objective function of optimum cost and optimum time.
2. speed , feed , Ftang , Frad ,Ffeed , power, torque , tool life , machining time
3. Error if value out of range by compare in config option.

ภาพประกอบ 3.1 ผังการทำงานหลักของโปรแกรม OCT version 1.0



ภาพประกอบ 3.2 ผังการทำงานย่อยของโปรแกรม OCT version 1.0

3.3 การออกแบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลสำหรับเก็บค่าคงที่ต่างๆ ภายในโปรแกรม จะใช้ Microsoft access 97 เป็นไฟล์ของฐานข้อมูล

โดยประกอบไปด้วย 2 Table หลักคือ

1. TABLEFORCE ซึ่งเป็นตารางที่เก็บค่าคงที่ต่างๆ สำหรับใช้ในการคำนวณแรง $F_{\tan g}$ F_{rad} และ F_{feed}

ซึ่งประกอบไปด้วยรายการดังต่อไปนี้

ID	WorkMaterial	ToolMaterial	Coolant	et0	eft	edt	er0

efr	edr	ef0	eff	edf	Comment	Refer

2. TABLETOOL ซึ่งเป็นตารางที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับ tool life และค่าคงที่ต่างๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วยรายการดังต่อไปนี้

ID	WorkMaterial	ToolMaterial	ToolCost	Coolant	TooLife_Criteria	K	xv	xf	xd

Comment	Refer	EdgePTool

หมายเหตุ EdgePTool คือ จำนวนฟันของใบมีด กรณีเป็นเม็ดมีด หรือจำนวนครั้งที่สามารถลับได้ก่อนที่จะทิ้งใบมีดไปในกรณีของใบมีด HSS

จากการวิเคราะห์ควรจะจัดการออกแบบฐานข้อมูลโดยการทำ normalization ให้อยู่ในรูปของ normal form ระดับที่ 3 (3NF) เพื่อลดข้อผิดพลาดในการ เพิ่ม ลบ และ แก้ไข

ดังนั้นจึงได้แยก TABLETOOL ออกเป็น 4 ตารางดังต่อไปนี้

1. TABLETOOL
2. TABLEREFER
3. TABLECOOLANT
4. TABLETOOLCOST

โดยแต่ละ ตารางจะประกอบไปด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

TABLETOOL

ID	WorkMaterial	ToolMaterial	IDCoolant	TooLife_Criteria	IDRefer	K	xv	xf	xd

Comment	CodeToolCost

TABLE REFER

IDRefer	Refer

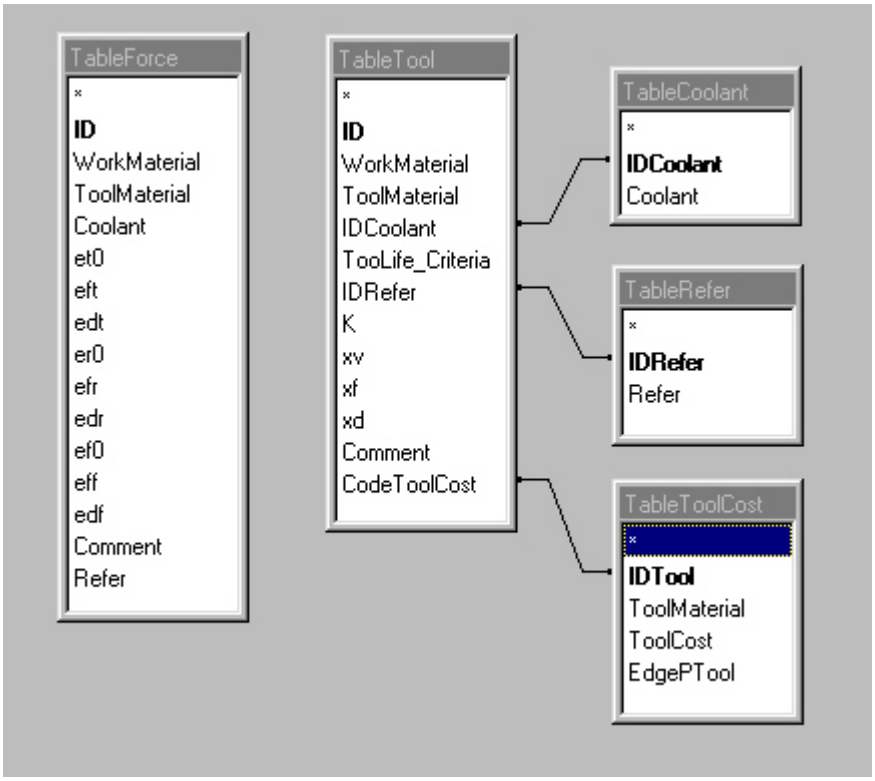
TABLECOOLLANT

IDCoolant	Coolant

TABLETOOLCOST

IDTool	ToolMaterial	ToolCost	EdgePTool

ความสัมพันธ์ของข้อมูลรายการต่างๆ แสดงในภาพประกอบ 3.3



ภาพประกอบ 3.3 ความสัมพันธ์ของข้อมูลรายการต่างๆ

คำอธิบายข้อมูลในแต่ละตารางมีดังต่อไปนี้

TABLEFORCE

ID : เลขที่ลำดับของข้อมูล

WorkMaterial : ชนิดของวัสดุชิ้นงาน

ToolMaterial : ชนิดของใบมีด

Coolant : ชนิดของการหล่อเย็น

et0 : ค่าคงที่

eft : ค่าคงที่

edt : ค่าคงที่

er0 : ค่าคงที่

efr : ค่าคงที่

edr : ค่าคงที่

ef0 : ค่าคงที่

eff : ค่าคงที่

edf : ค่าคงที่

Comment : หมายเหตุ ของค่าคงที่จากการทดลอง

Refer : ที่มาของค่าคงที่จากการทดลอง

TABLETOOL

ID : เลขที่ลำดับของข้อมูล

WorkMaterial : ชนิดของวัสดุชิ้นงาน

ToolMaterial : ชนิดของใบมีด

IDCoolant:หมายเลขอ้างอิงสำหรับ ชนิดของการหล่อเย็น

TooLife_Criteria :เกณฑ์ที่ใช้วัดการสึกหรอของคมมีด

IDRefer : หมายเลขอ้างอิงสำหรับ ที่มาของสมการอายุคมมีด

K : ค่าคงที่ของสมการอายุคมมีด

xv : เลขยกกำลังของความเร็วในการตัด ของสมการอายุคมมีด

xf : เลขยกกำลังของอัตราการป้อน ของสมการอายุคมมีด

xd : เลขยกกำลังของความลึกในการตัด ของสมการอายุคมมีด

Comment : หมายเหตุ ของสมการอายุคมมีด เช่นสภาวะที่ทำการทดลอง

CodeToolCost : หมายเลขอ้างอิงสำหรับ ชนิดของใบมีด ราคาใบมีด และ จำนวนฟันของใบมีด กรณีเป็นเม็ดมีด หรือจำนวนครั้งที่สามารถ ลับได้ก่อนที่จะทิ้งใบมีดไปในกรณีของใบมีด HSS

TABLE REFER

IDRefer : หมายเลขอ้างอิงสำหรับที่มาของสมการอายุคมมีด

Refer : ที่มาของสมการอายุคมมีด

TABLECOOLLANT

IDCoolant : หมายเลขอ้างอิงสำหรับชนิดของการหล่อเย็น

Coolant : ชนิดของการหล่อเย็น

TABLETOOLCOST

IDTool : หมายเลขอ้างอิงสำหรับ ชนิดของใบมีด ราคาใบมีด และ จำนวนฟัน

ToolMaterial : ชนิดของใบมีด

ToolCost: ราคาใบมีด

EdgePTool : จำนวนฟันของใบมีดกรณีเป็นเม็ดมีด หรือจำนวนครั้งที่สามารถลับได้ก่อนที่จะทิ้งใบมีดไปในกรณีของใบมีด HSS

3.4 หลักการทำงานของโปรแกรม

จากทฤษฎีและหลักการเชิงเศรษฐศาสตร์ในการตัดวัสดุที่ได้นำเสนอไปแล้วในบทที่ 2 นั้น สามารถหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับนำมาคำนวณ เพื่อค่าความเร็วในการตัด อัตราการป้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกลึงปอก ภายใต้เป้าหมายเชิงเศรษฐศาสตร์ในการตัด 2 แบบคือ การเลือกสภาวะการตัดเพื่อให้ต้นทุนต่อชิ้นต่ำสุด (minimum cost per piece) หรือการเลือกสภาวะการตัดเพื่อให้เวลาต่อชิ้นต่ำสุด (minimum time per piece) ได้ดังนี้

<u>การเลือกสภาวะการตัดเพื่อให้ต้นทุนต่อชิ้นต่ำสุด (minimum cost per piece)</u>

$$C_p = C_l + C_u + C_s + C_m + C_t$$
$$= (a_0 + a_l)T_1 + (a_0 + a_u)T_u + (a_0 + a_s)T_s + (a_0 + a_m + a_d)T_m$$
$$+[(a_0 + a_m + a_d)T_c + (b_0 + b_g + b_d)T_g]/N_w \qquad (3\text{-}1)$$

$$= (a_0 + a_l)T_l + (a_0 + a_u)T_u + (a_0 + a_s)T_s$$
$$+(a_0 + a_m + a_d)N_p L\pi D/(1000fv)$$
$$+[(a_0 + a_m + a_d)T_d + (b_0 + b_g + b_d)T_g]/\{1000fCv^{n+1}/N_p L\pi D\}$$

โดยสูตรดังกล่าวข้างต้นมาจาก สมมุติฐาน

$$T = Cv^n \tag{3-2}$$

โดยจะส่งผลให้ค่า C_t มีค่าเท่ากับ

$$C_t = [(a_0 + a_m + a_d)T_d + (b_0 + b_g + b_d)T_g]/\{1000fCv^{n+1}/N_p L\pi D\} \tag{3-3}$$

แต่เราสามารถ ขยายสมการของอายุคมมีดออกไปได้เป็น

$$T = Cv^n f^m d^p \tag{3-4}$$

เมื่อ

n, m, p เป็นค่าที่ได้จากการทดลองซึ่งแตกต่างกันแล้วแต่ละชนิดของวัสดุ ชนิดของใบมีด และสภาพในการตัด

v คือความเร็วที่ใช้ในการตัด (m/min)

f คืออัตราการป้อนที่ใช้ในการตัด (mm/rev)

d คือ ความลึกที่ใช้ในการกลึง (mm)

ซึ่งเราสามารถหาค่า C_t ใหม่ได้เป็น

$$C_t = [(a_0 + a_m + a_d)T_d + (b_0 + b_g + b_d)T_g]/\{1000Cv^{n+1}f^{m+1}d^p/N_p L\pi D\} \tag{3-5}$$

เพราะฉะนั้นสมการเป้าหมายที่จะทำให้ต้นทุนต่อชิ้นต่ำสุดจะได้เป็น

$$C_p = (a_0 + a_l)T_l + (a_0 + a_u)T_u + (a_0 + a_s)T_s$$
$$+(a_0 + a_m + a_d)N_p L\pi D/(1000fv)$$
$$+[(a_0 + a_m + a_d)T_d + (b_0 + b_g + b_d)T_g]/\{1000Cv^{n+1}f^{m+1}d^p / N_p L\pi D\} \quad (3\text{-}6)$$

จากการพิจารณาสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าส่วนมากประกอบด้วยค่าคงที่ ยกเว้นค่า T_l T_u และ T_s ซึ่งจะเป็นฟังก์ชันต่างๆ ที่ขึ้นอยู่กับ D และ L แต่ก็เปรียบเสมือนค่าคงที่เพราะทราบค่า D และ L ของชิ้นงานซึ่งจากสมการดังกล่าวหากจะหาค่าที่จะให้ค่า C_p ต่ำสุด จะขึ้นอยู่กับค่า v f และ d ที่ใช้แต่จากการพิจารณาอย่างละเอียดจะเห็นได้ว่าค่า d จะสามารถกำหนดให้เป็นค่าคงที่ได้ เพราะหากค่า d เพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่า C_t เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อไปให้ค่า C_p เพิ่มขึ้นไปด้วย และค่าดังกล่าวติดอยู่เพียง พจน์เดียว ซึ่งแตกต่างจาก ค่า v และ f ที่ติดอยู่ 2 พจน์ คือทั้ง C_m และ C_t อีกทั้งกำลังก็ไม่เท่ากัน ซึ่งสมการในลักษณะนี้จะเป็น รูปแบบสมการของ non linear ดังนั้นการหาคำตอบของสมการดังกล่าวจะใช้วิธี กำหนดค่า d เป็นค่าใดค่าหนึ่ง หลังจากนั้นก็ทำการเปลี่ยนค่า v และ f ไปเรื่อยๆ โดยอยู่ในช่วงที่กำหนด แล้วนำค่า C_p มาเปรียบเทียบกันว่าค่าจาก v และ f ใดที่ให้ค่า C_p ต่ำสุด

<u>การเลือกสภาวะการตัดเพื่อให้เวลาต่อชิ้นต่ำสุด (minimum time per piece)</u>

$$T_p = T_l + T_u + T_s + T_m + T_c \quad (3\text{-}7)$$

โดยสูตรดังกล่าวข้างต้นมาจากสมมุติฐาน

$$T = Cv^n$$

โดยจะส่งผลให้ค่า T_c มีค่าเท่ากับ

$$T_c = T_d N_p L\pi D/(1000 f C v^{n+1}) \quad (3\text{-}8)$$

แต่เราสามารถขยายสมการของสมการอายุคมมีดออกไปได้เป็น

$$T = C v^n f^m d^p \quad (3\text{-}9)$$

เหมือนกับที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งจะทำให้เราสามารถหาค่า T_c ใหม่ได้เป็น

$$T_c = T_d N_p L\pi D/(1000 C v^{n+1} f^{m+1} d^p) \quad (3\text{-}10)$$

เพราะฉะนั้นสมการเป้าหมายที่จะทำให้เวลาต่อชิ้นต่ำสุดจะได้เป็น

$$T_p = T_l + T_u + T_s + T_m + T_c \quad (3\text{-}11)$$

$$T_p = T_l + T_u + T_s + N_p L\pi D/(1000 fv) + T_d N_p L\pi D/(1000 C v^{n+1} f^{m+1} d^p) \quad (3\text{-}12)$$

ซึ่งจากการพิจารณาสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าส่วนมากประกอบด้วยค่าคงที่ ยกเว้นค่า T_l T_u และ T_s ซึ่งจะเป็นฟังก์ชันต่างๆ ที่ขึ้นอยู่กับ D และ L แต่ก็เปรียบเสมือนค่าคงที่เพราะทราบค่า D และ L ของชิ้นงานซึ่งจากสมการดังกล่าวหากจะหาค่าที่จะให้ค่า T_p ต่ำสุด จะขึ้นอยู่กับค่า v f และ d ที่ใช้ แต่จากการพิจารณาอย่างละเอียดจะเห็นได้ว่าค่า d จะสามารถกำหนดให้เป็นค่าคงที่ได้ เพราะหากค่า d เพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่า T_c เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อไปให้ค่า T_p เพิ่มขึ้นไปด้วย และค่าดังกล่าวติดอยู่เพียง พจน์เดียว ซึ่งแตกต่างจากค่า v และ f ที่ติดอยู่ 2 พจน์ คือทั้ง T_m และ T_c อีกทั้งกำลังก็ไม่เท่ากัน ซึ่งสมการในลักษณะนี้จะเป็นรูปแบบสมการของ non linear ดังนั้นการหาคำตอบของสมการดังกล่าวจะใช้วิธีกำหนดค่า d เป็นค่าใดค่าหนึ่ง หลังจากนั้นก็ทำการเปลี่ยนค่า v และ f ไปเรื่อยๆ โดยอยู่ในช่วงที่กำหนดแล้วนำค่า T_c มาเปรียบเทียบกันว่าค่าจาก v และ f ใดที่ให้ค่า T_c ต่ำสุด