เอกสารอ้างอิง

Adams, N., " A Low - Volume Manufacturing Unit Realizes The Advantages Of FMS Through Innovative Technique," Industrial Engineering, Vol.20, No.11, pp.19-27, 1988.

Almodovar, A.R., " Manufacturing Simulators Save Time, Provide Good Data For Layout Evaluation," Industrial Engineering, Vol.20, No.6, pp.25-33, 1988.

Arn, E.A., Group Technology, Springer-Verlag, New-York, 1975.

Ballakur, A. and Steudel, H.J., " A Within-Cell Utilization Based Heuristic For Designing Cellular Manufacturing System," International Journal Of Production Research , Vol.25,No.5, pp. 639-660, 1987.

Benzinger, M., " Flexible Automated Manufacturing Of Flat Sheet Metal Components In Low Quantities," Proceedings Of the 3rd International Conferences On FMS, 1987.

Bikker H. and Vander W., " Systematic Product-Breakdown And Documentation, Major Tools For Productivity Improvement," International Journal Of Production Research , Vol.25, pp.1635-1644, 1987.

Blank, J.T., " Cellular Manufacturing System Reduce Setup Time, Make - Small Lot Production Economical, " Industrial Engineering, Vol.15, No.11, pp.36-98, 1983.

Boucher, T.O. and Muckstadt, J.A., " Cost Estimating Methods For Evaluating the Conversion From a Functional Manufacturing Layout to GT," IIE Transactions, Vol.17, No.3, pp.268-275, 1985.

Browne, J. et al., " Classification Of FMS, " Manufacturing System : Context, Application and Techniques, TJ Press, UK., 1985.

Burblidge, J.L., The Introduction Of Group Technology, Butler & Tanner, Ltd., London, 1975.

Burbidge, J.L., " Operation Scheduling With GT and PBC," International Journal Of Production Research, Vol.26, No.3,pp.929-992, 1988.

Clegg, W.H., " Optimum Machine Scheduling," Industrial Engineering, Vol.19, No.8, pp.65-69, 1987.

Culbreth, C.T. and Pollpeter, D.L., " A Flexible - Manufacturing Cell For Furniture Part Production, " Industrial Engineering, Vol.20, No.11, pp.28-34, 1988.

Flynn, B.B. and Jacobs, F.R., " A Simulation Comparision of GT with traditional Job Shop Manufacturing, " International Journal Of Production Research ,Vol.20, No.5, pp.1171-1192, 1986.

Gallagher, C.C. and Knight, W.A., Group Technology, Butterworths, London, 1973.

Greene, T.J. and Sadowski, R.P., "Cellular Manufacturing Control." Manufacturing System : Context, Application and Techniques, TJ Press, UK., 1985.

Groover, M.P., Automation, Production System & CAM, Prentice-Hall, Inc., New Jersey,1982.

Gupta, R.M. and Tompkins, J.A., "An Examination Of The Dynamic Behaviour Of Part-Families In Group Technology," International Journal Of Production Research , Vol.20, No.1, pp.25-86, 1982.

Harshell, J. and Dahl, S., " Simulation Model Developed To Convert Production To Cellular Manufacturing Layout," Industrial Engineering, Vol.20, No.12, pp.90-95, 1988.

Hitomi, K. and Ham, I., " Group Scheduling Technique For Multiproduct, Multistage Manufacturing System," Journal Of Engineering For Industry, pp.759-765, Aug.,1977.

Hitomi, K. and Ham, I., " Machine Loading and Product-Mix Analysis For Group Technology," Journal Of Engineering For Industry , pp.1-5, Aug.,1977.

Karmarkar, U.S. and Kekre, S., "Lotsizing In Multi-Item Multi-Machine Job Shops, " IIE Transactions, Vol.17, No.3, pp.290-297,1985.

Kekre, S., " Performance Of a Manufacturing Cell With Increased Product Mix," IIE Transactions, Vol.19, No.3, pp.329-339,1987.

Kinney, H.D. and McGinnis, L.F., " Manufacturing Cells Solve Material Handling Problems," Industrial Engineering, Vol.19, No.8, pp.59-60, 1987.

Kinney, H.D. and McGinnis L.F., " Design And Control Of Manufacturing Cells," Industrial Engineering, Vol.19, No.10, pp.28-38, 1987.

Knight, D.O. and Wall, M.L., "Using Group Technology For Improving Communication And Coordination Among Teams Of Workers In Manufacturing Cells," Industrial Engineering, Vol.21, No.1, pp.28-39, 1989.

Kochan, D., CAM Developments In Computer-Integrated Manufacturing, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1986.

Kusiak, A., "FMS : A Structural Approach," International Journal Of Production Research, Vol.23, No.6, pp.1057-1073, 1985.

Kusiak, A. and Herage, S.S., "Knowledge-Based System Guides Machine Layout In FMS, " Industrial Engineering, Vol.20, No.11, pp.48-53, 1988.

Nagarkar, S. and Bennett, D., " FMS Lets Small Manufacturer Of Mainframes Computer With Giants, " Industrial Engineering, Vol.20, No.12, pp.42-46, 1988.

Opitz, H. and Wiendahl, H.P., "Group Technology and Manufacturing System For Small and Medium Quantity Production," International Journal Of Production Research, Vol.9, No.1, pp.181-203, 1971.

Ostwald, P.F. and Funk, J., "Using A Computer To Cost Estimate Products Which Vary In Quantity,", Industrial Engineering, Vol.20, No.12, pp.36-39, 1988.

Overbeeks, J. and Welke, H.A.," A Cellular Manufacturing: A Good Technique For Implementing Just-In-Time And Total Quality Control," Industrial Engineering, Vol.20, No.11, pp.36-91,1988.

Ranky, P., The Design and Operation Of FMS , IFS Ltd.,UK., 1983.

Shunk, D.L., " Group Technology Provides Organized Approach To Realizing Benefits Of CIMS," Industrial Engineering, Vol.17, No.4, pp.79-80, 1985.

Tergan, V. et al., Fundamentals Of Industrial Automation, MIR, Moscow, 1986.

Vonderembse, M.A. and Wobser, G.S., "Step For Implementing A Flexible Manufacturing System," Industrial Engineering, Vol.19, No.14, pp.38-48, 1987.

Zelenovic, D.M. and Tesic, Z.M. "Period Batch Control and Group Technology," International Journal Of Production Research, Vol.26, No.3, pp.539-552, 1988.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัสของโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัสสำหรับงานโลหะแผ่น

เพื่อให้ระบบการผลิตแบบเซลล์ที่ได้สร้างขึ้นสามารถใช้ในการดำเนินการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการผลิตอย่างเป็นระบบ ระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัส (C&C) หลายระบบได้พัฒนาขึ้นสำหรับวัตถุประสงค์นี้ เพื่อเป็นฐานในการวางแผนการผลิตในปริมาณการผลิตเป็นรุ่นเล็กๆ ถ้าวิเคราะห์ขอบเขตของหน้าที่ในการออกแบบและการผลิต ซึ่งจะพบว่าปัญหาบางปัญหาอาจจะมาจากสาเหตุเดียวกัน

วิศวกรที่ทำหน้าที่ออกแบบผลิตภัณฑ์จะสนใจในชิ้นงานประเภทต่างๆ ในด้านความคล้ายคลึงของรูปร่างหรือหน้าที่ ขนาดของชิ้นงานและอาจจะรวมถึงวัสดุ ดังนั้นเขาสามารถที่จะใช้ข้อมูลของการออกแบบที่ทำไว้แล้ว เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชิ้นงานใหม่ ซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาและลดความพยายามที่ใช้ในการออกแบบ ทั้งยังเป็นการป้องกันการสร้างชิ้นงานขึ้นมาใหม่โดยไม่จำเป็น ดังนั้นระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัสสำหรับผู้ออกแบบจะเกี่ยวข้องกับสิ่งเหล่านี้ รูปร่างหรือหน้าที่ คุณภาพของวัสดุ ขนาดของชิ้นงาน

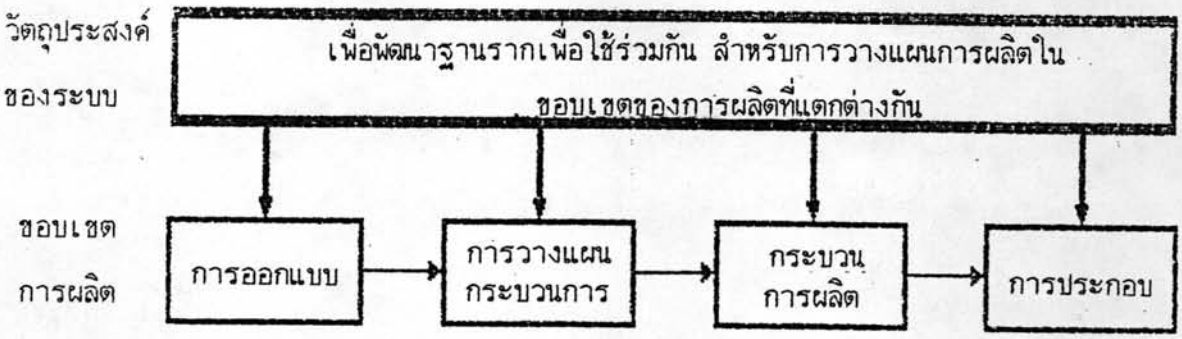
วิศวกรที่ทำหน้าที่วางแผนการผลิต จะสนใจในการจำแนกชนิดของชิ้นงานที่มีความคล้ายกันด้วยเหตุผลเบื้องต้น ดังนี้ การค้นหาแผนกระบวนการผลิต ต้นทุนกระบวนการผลิต เครื่องมือ เวลาเตรียมเครื่อง อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งจิกซ์และฟิกเจอร์

ระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัส ควรจะครอบคลุมข้อมูลทั้งด้านการออกแบบและการผลิต ในทั้งสองกรณีระบบการจำแนกชนิดระบบหนึ่งๆ จะเหมาะสมที่สุดสำหรับกรณีใดกรณีหนึ่ง แต่ไม่ใช้ทั้งสองกรณีพร้อมๆกัน เพื่อที่จะให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตใช้ร่วมกันได้ การเลือกระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัสนั้นจะง่ายในแนวความคิดแต่จะซับซ้อนในการประยุกต์ใช้งานและการทำให้ระบบสมบูรณ์ ไม่มีระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัสใดที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับอุตสาหกรรมทุกประเภท ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัสที่เหมาะสมที่สุดกับความต้องการเฉพาะหนึ่งๆในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท

แนวทางในการพัฒนาระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัส

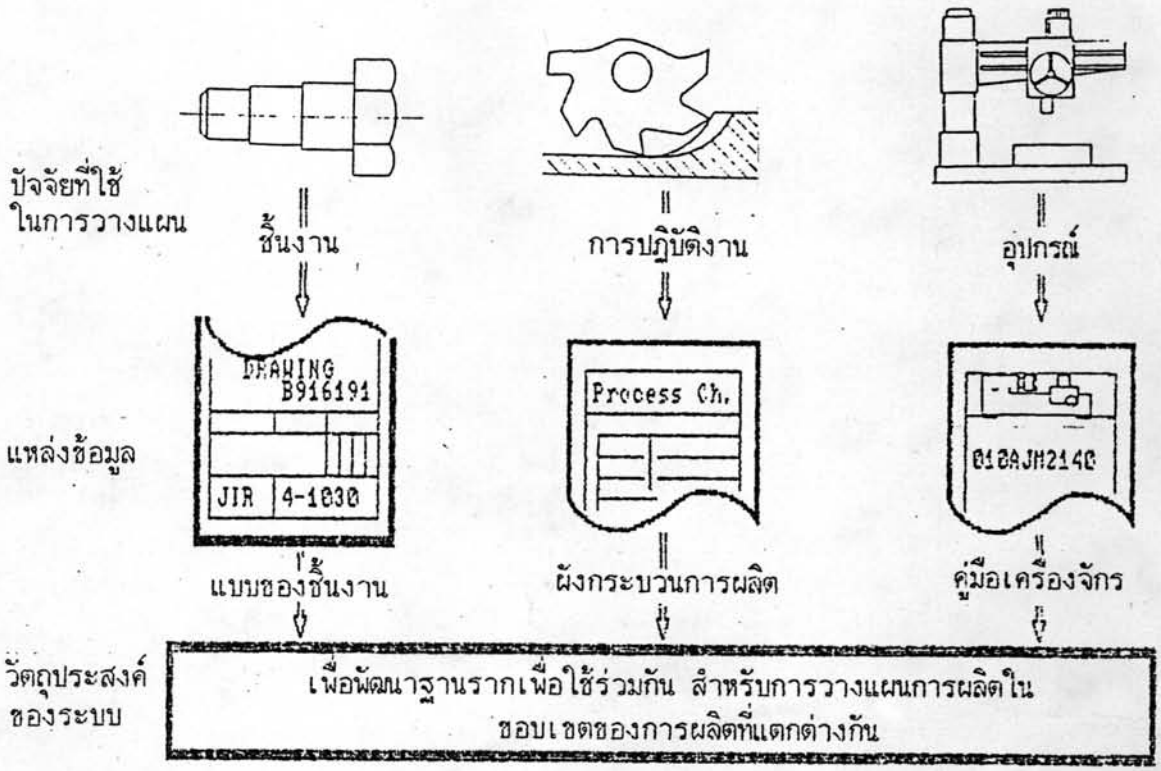
ขั้นตอนเบื้องต้นสองขั้นตอนที่อาจเป็นไปได้ ที่ใช้ในการพัฒนาระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัส ขั้นตอนแรกคือการสร้างระบบการจำแนกชนิดที่ใช้เฉพาะปัญหาย่อยแต่ละปัญหาเป็นกรณีเฉพาะ เช่น ในด้านกระบวนการผลิตเฉพาะหนึ่งๆ หรือชิ้นงานประเภทที่มีข้อจำกัดมากๆ วัตถุประสงค์ในขั้นตอนนี้เพื่อสร้างพื้นฐานในการวางแผนสำหรับการดำเนินงานในด้านต่างๆ ในเบื้องต้น พื้นฐานนั้นจะครอบคลุมชิ้นงาน การปฏิบัติงาน และอุปกรณ์ เพื่อที่จะใช้เป็นรากฐานสำหรับการพัฒนาระบบการจำแนกชนิดต่อไปในอนาคตสำหรับปัญหาใด ๆ เป็นกรณีเฉพาะ

ขั้นตอนที่สอง ควรจะให้ความสำคัญของแต่ละปัญหาตามความสำคัญมากน้อยต่างกัน ซึ่งแล้วแต่กรณีของผู้ที่จะนำไปใช้ รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างทางด้านระบบการผลิตที่มีความสำคัญมากน้อยต่างกัน เรียงตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการผลิต



รูปที่ 1 โครงสร้างการผลิตเรียงตามลำดับก่อนหลังของกระบวนการผลิต

ข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนสำหรับการพัฒนาระบบการให้รหัส และคุณสมบัติของมันซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องการสำหรับการบรรยายสภาพการผลิต ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้พัฒนาระบบการให้รหัสจะนำไปใช้กับส่วนใดของกระบวนการผลิต เช่น การออกแบบ การวางแผนกระบวนการ ฯลฯ ฉนั้นปัจจัยที่ใช้ในการพัฒนาระบบการให้รหัสจึงแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ ชิ้นงาน การปฏิบัติงานและอุปกรณ์ (รูปที่ 2) เพื่อที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์ของระบบในการพัฒนารากฐานเพื่อใช้ร่วมกัน ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวางแผนการผลิต ในขอบเขตของการผลิตที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2 ปัจจัยในการวางแผนสำหรับการพัฒนาระบบการให้รหัส

โครงสร้างของระบบการให้รหัส

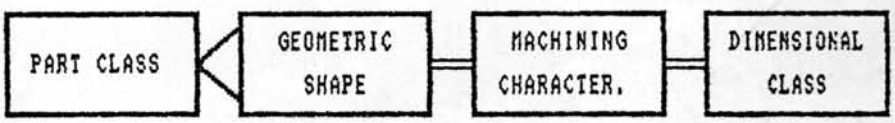
เพื่อที่จะทำให้ระบบการให้รหัสเป็นแหล่งข้อมูลที่ใช้ร่วมกันทุกฝ่าย ระบบการให้รหัสควรจะประกอบไปด้วย รายละเอียดของชิ้นงาน การปฏิบัติงานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ดังนั้น โครงสร้างของระบบสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 3 ระบบย่อย คือ

- ระบบย่อยชิ้นงาน (โครงสร้างของชิ้นงาน)
- ระบบย่อยการปฏิบัติงาน (โครงสร้างการปฏิบัติงาน)
- ระบบย่อยอุปกรณ์ (โครงสร้างอุปกรณ์)

จุดที่เน้นหนักโดยถือว่า แนวทางในการพัฒนาระบบเพื่อเชื่อมต่อกับปัจจัยหลักทั้ง 3 เหล่านี้ (ชิ้นงาน การปฏิบัติงานและอุปกรณ์) เพื่อที่จะเป็นฐานรากที่ใช้ร่วมกันในการวางแผนของทุกฝ่าย

1. ระบบย่อยชิ้นงาน (Workpiece Sub-System)

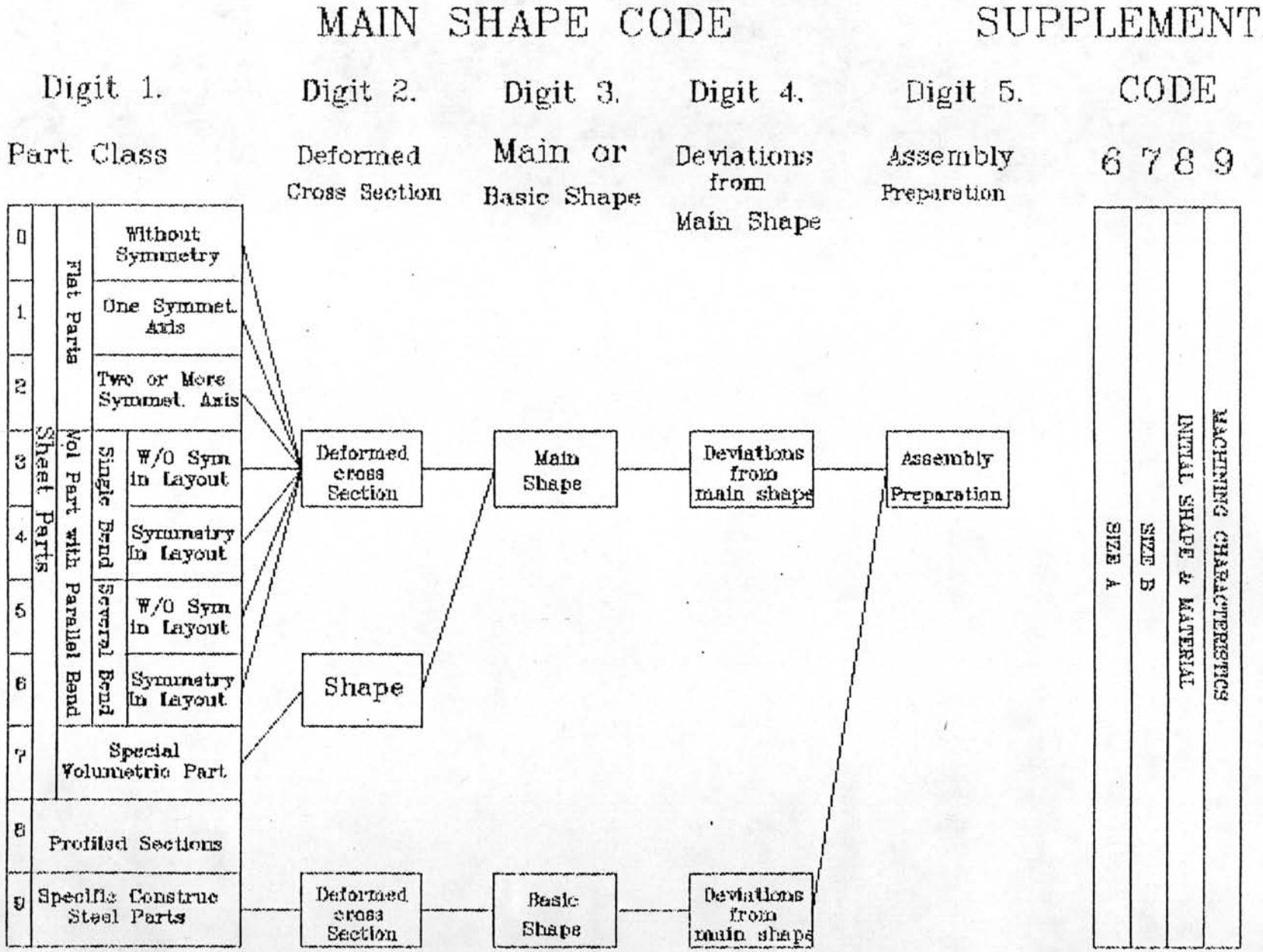
ระบบย่อยนี้เป็นการให้รหัสสำหรับจำแนกชนิดและบรรยายรายละเอียดของชิ้นงาน โครงสร้างของระบบรหัสชิ้นงานแสดงดัง รูปที่ 3 การพัฒนาระบบรหัสชิ้นงานจะใช้ระบบ opitz เป็นรากฐาน โครงสร้างของระบบประกอบด้วยรหัสตัวเลข 0-9 ขนาดความยาว 9 หลัก (รูปที่ 4 - 6) ระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นรหัสหลัก (Main Code) ความยาว 5 หลัก และส่วนที่เป็นรหัสเสริม (Supplementary Code) ความยาว 4 หลัก



รูปที่ 3 โครงสร้างรหัสชิ้นงาน

ในส่วนของรหัสหลัก หลักแรกของรหัสจะแบ่งชิ้นงานออกเป็น 2 ประเภทคือชิ้นงานที่ขึ้นรูปมาจากวัสดุโลหะแผ่นและ Profiled และจะให้รายละเอียดถึงรูปร่างและความสมมาตรของชิ้นงาน หลักที่ 2 จะแสดงรายละเอียดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน หลักที่ 3 จะให้รายละเอียดถึงรูปร่างหลักที่เห็นได้เด่นชัดของชิ้นงาน เช่น สี่เหลี่ยมผืนผ้า สามเหลี่ยม ฯลฯ หลักที่ 4 แสดงถึงความเบี่ยงเบนออกมาจากรูปร่างหลักของชิ้นงาน เช่น การตัดมุมบางมุมออก รอยเว้า ฯลฯ และหลักที่ 5 จะทำให้รหัสหลักมีความสมบูรณ์โดยเป็นการเพิ่มเติมสิ่งที่เป็นจุดเด่น เพื่อเป็นการจัดเตรียมสำหรับการประกอบ เช่น การเชื่อม การพับ การตบแต่ง ระยะของการเจาะรู ฯลฯ

ในส่วนของรหัสเสริมนั้น 3 หลักแรกจะครอบครุม ขนาดของชิ้นงานด้านที่มีความยาวมากที่สุด(A) ด้านที่สั้นกว่า(B) ประเภทและรูปร่างของวัสดุ หลักสุดท้ายจะให้รายละเอียดบางอย่างในการปฏิบัติงานโดยเครื่องจักร เช่น การพับของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าวัตถุประสงค์ของระบบนี้สร้างเพื่อใช้ในการออกแบบ เพราะว่าให้รายละเอียดเกี่ยวกับ รูปร่าง ขนาด จะทำให้สะดวกในการจัดกลุ่มชิ้นงานเพื่อทำการผลิต



รูป 4 BASIC STRUCTURE OF THE OPTZ SHEET METAL PARTS CLASSIFICATION

Digit 2.

	Deformed Cross Section	
0	Completely Flat Parts	
1	$\alpha < 90^0$	
2	$\alpha > 90^0$	
3	Perpendicular	
4	Cross Section Shape	U Shaped
5		Circular
6		Circular Segment
7		Bell Shaped
8	Circular Segment with Deviation	
9	Circular Segment With 1&3	

Digit 3.

	Main Shape
0	Rectangular
1	Square
2	Wedge Shaped
3	Angular
4	Triangular
5	Trapezium
6	Roof Shaped
7	Circular and Ring Shaped
8	Multiple Cut outs
9	Others

Digit 4.

	Deviation From Main Shape
0	Without
1	Edge(s) Cut off
2	Square &/or Ang &/- or rounded Dev&Edge
3	Sides Pierced
4	Square &/or Angular &/or Rounded Recess
5	Square Recess
6	Angular Recess
7	Concave Recess
8	Convex Recess
9	Piercing

Digit 5.

	Assembly Preparation	
0	None	
1	Welding Prepare, &/or Edge Machining	
2	Bulkhead Notching	
3	Main & Auxirary Holes	No Fix. Pattern
4		2,3&4 Holes Arranged On a Pitch Circle
5		Linear Arrangement
6	Innershape	
7	1-2 &/or 3-5	
8	1-2 & 6 Or 5-6	
9	1-2 &/Or 3-5 & 6	

รูปที่ 5 DEVELOPMENT OF OPITZ SYSTEM FOR CLASSESS 0-6 WORKPIECE CODE (DIGIT 2.-5.)

Digit 6.&7.

Coarse Dimension (mm.)			
A(L)		B(D)	
16	A	16	A
20	B	20	B
25	C	25	C
32	D	32	D
40	E	40	E
50	F	50	F
63	G	63	G
80	H	80	H
100	I	100	I
120	J	120	J
160	K	160	K
200	L	200	L
250	M	250	M
320	N	320	N

Digit 6.&7. (CONTINUED)

Coarse Dimension (mm.)			
A(L)		B(D)	
400	O	400	O
500	P	500	P
630	Q	630	Q
800	R	800	R
1000	S	1000	S
1200	T	1200	T
1600	U	1600	U
2000	V	2000	V
2800	W	2800	W
3200	X	3200	X
4000	Y	4000	Y
>4000	Z	>4000	Z

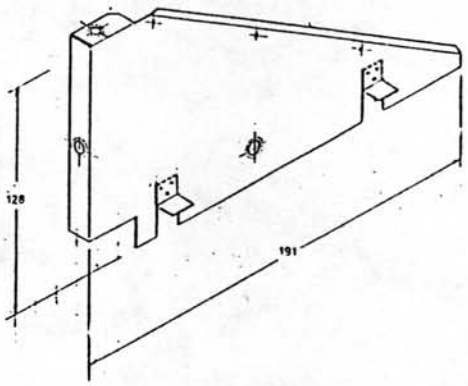
Digit 8.

Material & Initial Form		
0	Mild Steels	Angle,U,T and Similar Section
1		Pipe or Tube
2		Wire
3		Sheet or Plate
4	Al and Al-Alloys	Angle,U,T and Similar Section
5		Pipe or Tube or wire
6		Sheet or Plate
7	Cu and Cu-All	Angle,U,T and Similar Section
8		Pipe or Tube or wire
9		Sheet or Plate

Digit 9.

Machining Character.	
0	Chip Cutting
1	Cutting Several Components
2	Cutting and Pre-ssing Operation
3	Cutting and Joining Operations
4	Cutting & Pressing and Joining Operat.
5	Pressing (Bending,Rolling)
6	Forming and Joining Operations
7	Joining Operations
8	Assembly
9	Others

รูปที่ 6. **Formation of the Workpiece Supplementary Code**



CODE	5	3	5	5	1	L	K	3	4
Digit	1	2	3	4	5	6	7	8	9

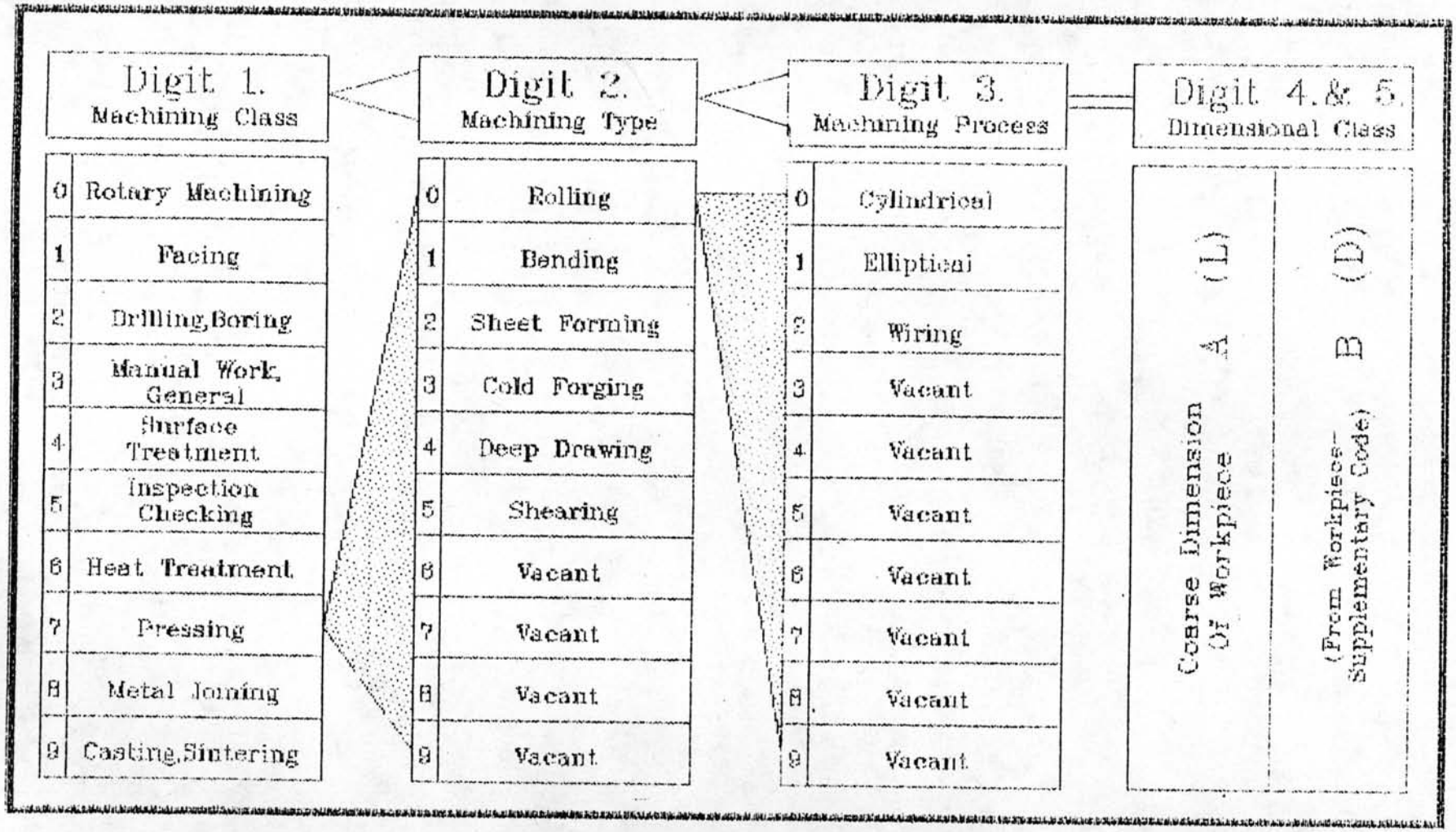
หลักที่	รหัส	ความหมาย
1	5	แผ่นคลี่ไม่สมมาตร, พับขึ้นรูปหลายครั้ง
2	3	ภาคตัดเป็นมุมฉาก
3	5	รูปร่างหลัก ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู
4	5	รอยเว้า เป็นรูปสี่เหลี่ยม
5	1	จัดเตรียมการประกอบโดยการเชื่อม
6	L	ระยะด้านยาวอยู่ในช่วง 160 - 200 mm.
7	K	ระยะด้านสั้นอยู่ในช่วง 120 - 160 mm.
8	3	เหล็กแผ่นบาง
9	4	การตัดเฉือน การขึ้นรูป การเชื่อม

รูปที่ 7 ตัวอย่างการให้รหัสชิ้นงาน

2. ระบบย่อยการปฏิบัติงาน (Operation Sub-System)

ระบบย่อยนี้ประกอบด้วยรหัส 5 หลัก (รูปที่ 8 แสดงโครงสร้างของระบบรหัสการปฏิบัติงาน) เมื่อถอดรหัสออกจะใช้ข้อมูลของการปฏิบัติงานเหมือนในผังการปฏิบัติงาน (Operation Chart)

รูปที่ 8 Operational Code Digit 1, 2, 3, 4 & 5 (Pressing Field)



หลักแรกของรหัสการปฏิบัติงาน แสดงด้วยตัวเลข 0-9 ซึ่งจะอธิบายกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานว่าเป็นแบบการตัดเฉือนหรือไม่มีการตัดเฉือนโลหะ โดยแสดงการปฏิบัติงานของเครื่องจักรอย่างหยาบๆ เช่น การเจาะ การเชื่อมโลหะ ฯลฯ ในหลักที่สองแสดงชนิดการปฏิบัติงานของเครื่องจักรจากหลักแรกโดยจะขยายรายละเอียดการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น หลักที่สามของรหัสจะแสดงกระบวนการปฏิบัติงานของเครื่องจักรหรือบางกรณีอาจปฏิบัติงานด้วยมือ

ในการประยุกต์ใช้ของระบบย่อยสองระบบที่กล่าวมาเข้าด้วยกันนั้น สำหรับการวางแผนที่วัตถุประสงค์ต่างกัน อาจจะมีความต้องการคุณสมบัติในส่วนของชิ้นงานเพิ่มเติม โดยใช้รหัสเสริม (Supplementary Code) ของชิ้นงาน (รูปที่ 6) รหัสของชิ้นงานที่เป็นอิสระจากกระบวนการผลิตโดยการจำแนก ขนาดอย่างหยาบ น้ำหนัก คุณสมบัติของชิ้นงานในด้านการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร วัสดุและรูปร่างเบื้องต้น รูปที่ 8 แสดงการประกอบขึ้นของรหัสการปฏิบัติงานและรหัสเสริมของชิ้นงาน เพื่อที่จะบรรยายการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอน และคุณสมบัติเบื้องต้นในการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร ซึ่งผังการปฏิบัติงาน (Operation Chart) จะเก็บข้อมูลนี้ไว้ ระบบย่อยนี้จะเป็นสิ่งสนับสนุนการส่งผ่านจากขั้นตอนการออกแบบสู่การพิจารณาการใช้เครื่องจักรและเป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างเซลล์เครื่องจักร

Digit 2. Digit 3.

Machining Type		Machining Process	
0	Fusion	0	Arc-Welding
		1	Spot-Welding
		2	Gas-Welding
		3	MIG
		4	TIG
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	

(A)

Digit 2. Digit 3.

Machining Type		Machining Process	
1	Diffusion	0	Rivet
		1	Nut & Bolt
		2	Screws
		3	Soldering
		4	Brazing
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	

(B)

OPERATIONAL CODE 3RD DIGIT MACHINING PROCESS (METAL JOINING FIELD)

รูปที่ 9 รหัสการปฏิบัติงานหลักที่ 2 และ 3

Digit 2. Digit 3.

Machining Type		Machining Process	
0	Rolling	0	Cylindrical Rolling
		1	Elliptical Rolling
		2	Wiring
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	

(A)

Digit 2. Digit 3.

Machining Type		Machining Process	
1	Bending	0	V-Bending
		1	U-Bending
		2	L-Bending
		3	Z-Bending
		4	Cylindrical Bending
		5	Twist by Rotating
		6	
		7	
		8	
		9	

(B)

Digit 2. Digit 3.

Machining Type		Machining Process	
2	Sheet Forming	0	Stretch Flanging
		1	Shrink Flanging
		2	Burring
		3	Curing
		4	Bulging
		5	Necking
		6	Stretch Forming
		7	Beading
		8	
		9	

(C)

Digit 2. Digit 3.

Machining Type		Machining Process	
3	Cold Forging	0	Extrusion
		1	Coining
		2	Upsetting
		3	Swaging
		4	Sizing
		5	Flattening
		6	
		7	
		8	
		9	

(D)

OPERATIONAL CODE 3RD DIGIT MACHINING PROCESS (PRESSING FIELD)

รูปที่ 9 รหัสการปฏิบัติงานหลักที่ 2 และ 3 (ต่อ)

Digit 2. Digit 3.

Machining Type		Machining Process	
4	Deep-Drawing	0	Cupping
		1	Rectangular Shell Dr.
		2	Irregular Shape Draw.
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	

(E)

Digit 2. Digit 3.

Machining Type		Machining Process	
5	Shearing	0	Cutting
		1	Parting
		2	Blanking
		3	Piercing
		4	Trimming
		5	Lancing
		6	Notching
		7	Hollow Cutting
		8	Shaving
		9	Fine&Finish Blanking

(F)

รูปที่ 9 รหัสการปฏิบัติงานหลักที่ 2 และ 3 (ต่อ)

3. ระบบย่อยอุปกรณ์ (Equipment Sub-System)

อุปกรณ์ในขอบเขตกระบวนการผลิต (Manufacturing Equipment) นั้นจะประกอบไปด้วยเครื่องจักร เครื่องมือกล อุปกรณ์จับยึด ฯลฯ อุปกรณ์บางอย่างที่ทำหน้าที่ในการผลิตเหมือนกัน แต่อาจจะมีรูปร่างแตกต่างกันหลายแบบ ซึ่งจะทำให้การเรียกชื่อของอุปกรณ์เมื่อต้องการใช้งานไม่สะดวก แต่อาจจะทำให้มีความคล่องตัวในการเรียกใช้ได้ ถ้านำระบบการให้รหัสมาประยุกต์ใช้ โครงสร้างของระบบรหัสอุปกรณ์ประกอบด้วยรหัส 7 ตำแหน่ง รูปที่ 10 แสดงโครงสร้างของระบบรหัสอุปกรณ์

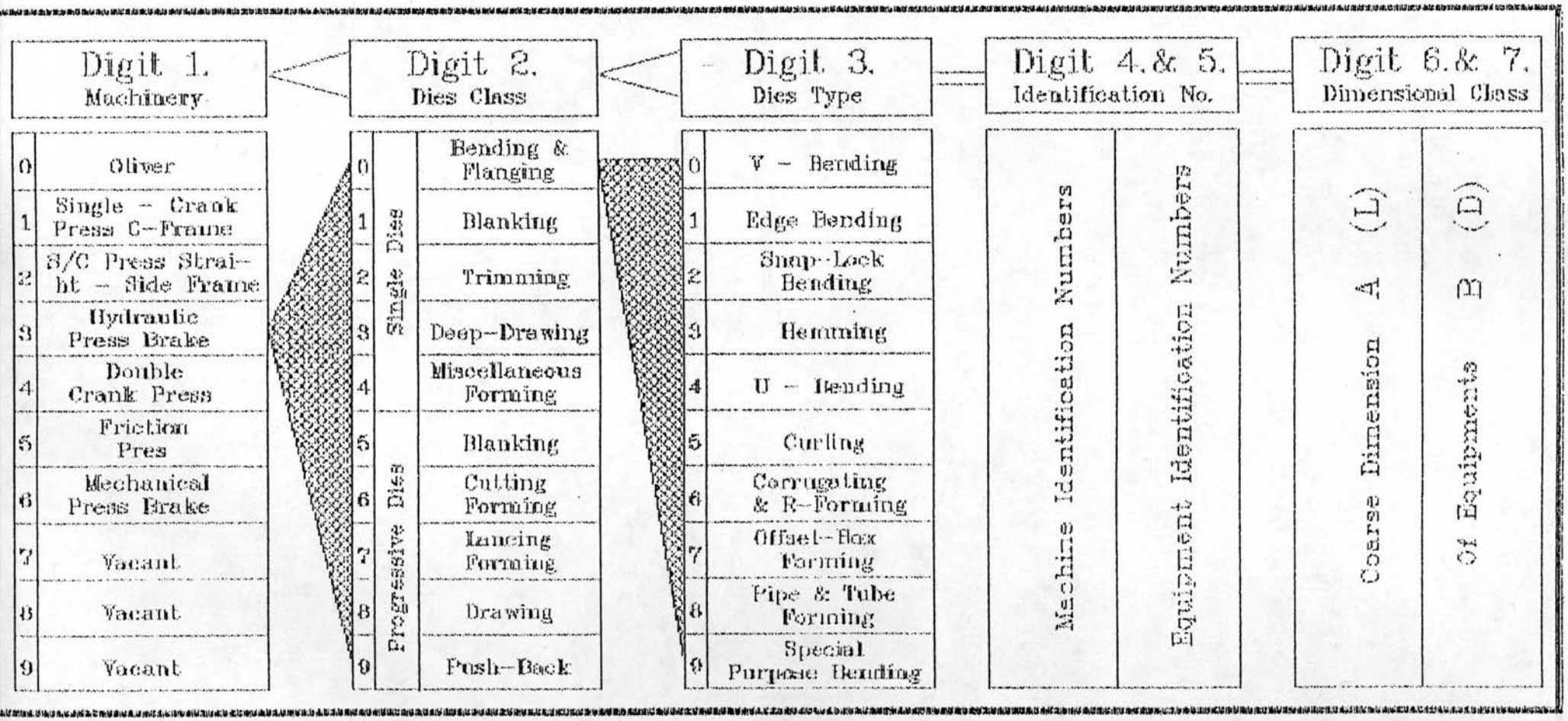
Operation Code Digit 1,2 & 3 (Manual Work Field)

Digit 1. Machining Class		Digit 2. Machining Type		Digit 3. Machining Process	
0	Rotary Machining	0	Assembling	0	Size
1	Facing	1	Inspection	1	Size & Shape
2	Drilling,Boring	2	Grind./Surface	2	Completion
3	Manual Work, General	3	Vacant	3	Vacant
4	Surface Treatment	4	Vacant	4	Vacant
5	Inspection Checking	5	Vacant	5	Vacant
6	Heat Treatment	6	Vacant	6	Vacant
7	Pressing	7	Vacant	7	Vacant
8	Metal Joining	8	Vacant	8	Vacant
9	Casting,Sintering	9	Vacant	9	Vacant

รูปที่ 9 รหัสการปฏิบัติงานหลักที่ 2 และ 3 (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 10 Formation of The Equipment Code for Hydraulic Press Brake Machine Field.



Digit 2. Digit 3.

Dies Class		Dies Type	
0	Bending & Flanging	0	V-Bending
		1	Edge Bending
		2	Snap-Lock Bending
		3	Hemming
		4	U-Bending
		5	Curling
		6	Corrugating&R-Forming
		7	Offset-Box Forming
		8	Pipe & Tube Forming
		9	Special Purpose Bend.

Digit 2. Digit 3.

Dies Class		Dies Type	
1	Blanking	0	Blanking
		1	Piercing
		2	Shearing
		3	Parting
		4	Notching
		5	Shaving
		6	Compound
		7	Fine Blanking
		8	
		9	

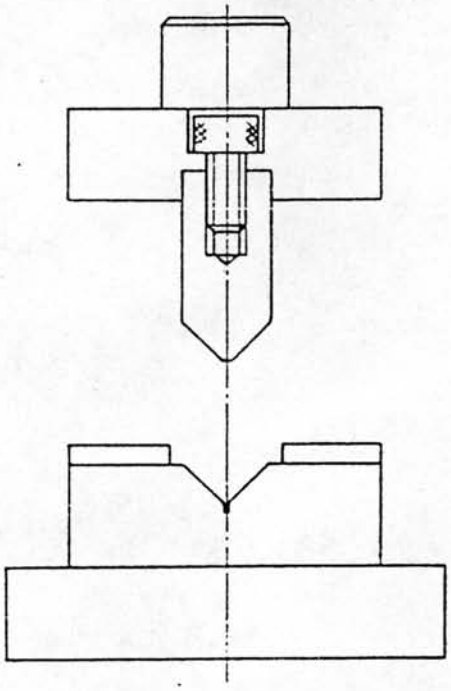
Digit 2. Digit 3.

Dies Class		Dies Type	
2	Trimming	0	Pinch-Trimming
		1	Flush-Trimming
		2	Wipe-Down Trimming
		3	Trim Flang
		4	Horn-Type Trimming
		5	Shimmy Die
		6	Cam-Actuated Trimming
		7	
		8	
		9	

Digit 2. Digit 3.

Dies Class		Dies Type	
3	Deep-Drawing	0	Single First Draw
		1	Single Redraw
		2	Single Reverse Redraw
		3	Tandem First Draw
		4	Tandem Redraw
		5	Tandem Reverse Redraw
		6	Special Drawing
		7	
		8	
		9	

รูปที่ 11 รหัสอุปกรณ์หลักที่ 2 และ 3

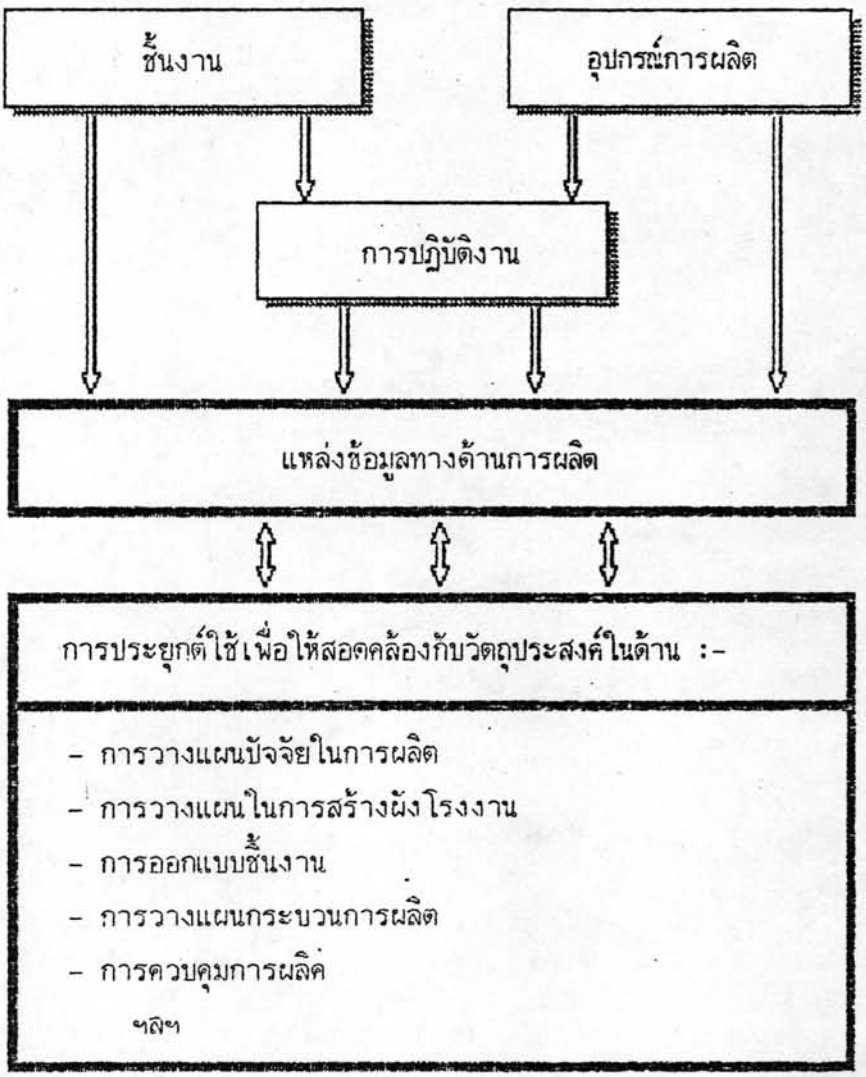


ประเภทชิ้นงาน

CODE	3	0	0	95	12	S	M
Digit	1	2	3	4	5	6	7

หลักที่	รหัส	ความหมาย
1	3	เป็น Die ที่ใช้กับเครื่อง Hydraulic Press Brake
2	0	เป็น Die ที่ใช้พับขึ้นรูป
3	0	การขึ้นรูป ลักษณะ V
4	95	เครื่องจักรหมายเลข 95
5	12	Die หมายเลข 12 ที่ใช้กับเครื่องจักรหมายเลข 95
6	S	ระยะด้านยาวของ Die อยู่ในช่วง 800 - 1000 mm.
7	M	ระยะด้านสั้นของ Die อยู่ในช่วง 200 - 500 mm.

รูปที่ 12 การให้รหัสอุปกรณ์การผลิต



รูปที่ 13 แหล่งข้อมูลทางด้านการผลิตและขอบเขตการประยุกต์

รูปที่ 13 แสดงแหล่งข้อมูลทางด้านการผลิต (Technological Data Bank) ที่ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงาน การปฏิบัติงานและอุปกรณ์ แสดงในรูปของรหัส ข้อมูลสามารถเรียกขึ้นมาใช้ในขอบเขตการประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ

ภาคผนวก ช.

การวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของชิ้นงาน

การวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของชิ้นงาน (Similarity Analysis)

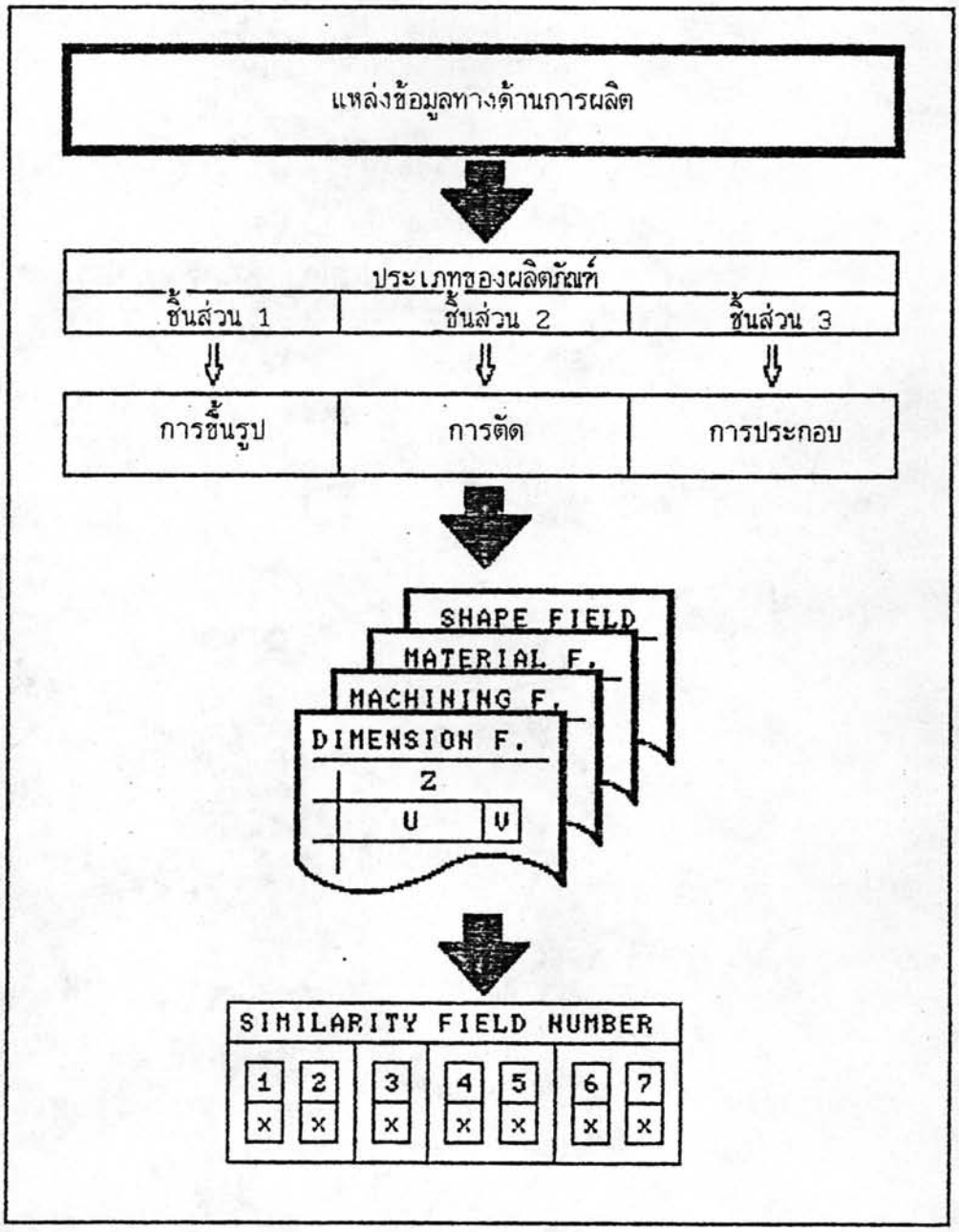
การวิเคราะห์ความคล้ายคลึงนั้น เพื่อที่จะนำไปสู่การสร้างขึ้นของกลุ่มชิ้นงาน (Part-Families) โดยการพิจารณารวบรวมคุณสมบัติต่างๆของชิ้นงาน ในขอบเขตของรูปร่าง ประเภทวัสดุ การปฏิบัติงานโดยเครื่องจักร และขนาด ซึ่งคุณสมบัติในการจำแนกชนิดประเภทต่างๆเหล่านี้จะรวมเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน ที่เรียกว่าขอบเขตความคล้ายคลึง (Similarity Field) ข้อได้เปรียบของการกระดังนี้ จะทำให้ปัญหาที่ต้องการแก้ไขสามารถใช้ข้อมูลจำนวนไม่มากนัก และลดเวลาในการพิจารณาระบบการให้รหัส และด้วยความช่วยเหลือของขอบเขตของความคล้ายคลึงนี้สามารถจะเป็นพื้นฐาน ในการเลือกเครื่องจักรในการปฏิบัติงาน เช่น การเจาะ การตัด ฯลฯ ในขณะที่ทำการจัดกลุ่มชิ้นงาน สิ่งนี้จะเป็นข้อได้เปรียบอย่างมากสำหรับการวางแผนในการสร้างผังโรงงาน รูปที่ 1 แสดงลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของชิ้นงานเพื่อบรรยายรายละเอียดคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงาน แหล่งข้อมูลทางด้านการผลิตจะแสดงประเภทของผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนของมัน ซึ่งจะเป็นจุดเริ่มต้นของการดำเนินการ

ในขั้นตอนที่หนึ่ง ประเภทของผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนของมันที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันในด้านการผลิต เช่น คุณสมบัติในการใช้เครื่องจักรทำการผลิต รูปร่าง อุปกรณ์ ฯลฯ จะถูกรวบรวมเข้าด้วยกันเป็นกลุ่ม เรียกว่ากลุ่มของชิ้นงาน (Part Family) ซึ่งเป็นการร่างโครงสร้างของความคล้ายคลึง (Similarity Structure) ในระดับที่หนึ่ง

ขั้นตอนที่สอง กำหนดโครงสร้างภายในขอบเขตในด้านการผลิต โดยใช้ระบบการให้รหัสชิ้นงานและการปฏิบัติงาน ขอบเขตในด้านการผลิตเหล่านี้ได้แก่

- การตัดโลหะ
- การขึ้นรูป
- การประกอบ

ขั้นตอนที่สาม เป็นการเตรียมการสำหรับการจัดกลุ่มชิ้นงาน เพื่อให้สอดคล้องกับขอบเขตของความคล้ายคลึง (Similarily Fields) ที่ได้นิยามไว้ สิ่งต่างๆเหล่านี้จะแสดงความเป็นมาตราฐานในเบื้องต้น และเป็นสิ่งสนับสนุนหรือพื้นฐาน สำหรับการวางแผนในการสร้างผัง (Layout Planning) และกำหนดโครงร่างกลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining - Families)



รูปที่ 1 ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของชิ้นงาน

สำหรับการกำหนดโครงสร้างความคล้ายคลึงของชิ้นงานนั้น สามารถใช้แนวทางดังต่อไปนี้ เป็นแนวทางในการตรวจสอบและปรับปรุงโครงสร้างให้มีความเหมาะสมได้

- รวบรวมกฎเกณฑ์หลักที่เหมือนกันของรูปร่างชิ้นงานและคุณสมบัติในการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร ภายในขอบเขตของรูปร่าง (Shape Field) (รูปที่ 3)

- รวบรวมประเภทของวัสดุ(Material Class) ที่สามารถใช้เครื่องจักรร่วมกันได้ในขอบเขตของวัสดุ (Material Field) กฎเกณฑ์นี้ใช้สำหรับพิจารณาเครื่องจักรที่ใช้ปฏิบัติงานและขั้นตอนการปฏิบัติ (รูปที่ 4)

- ร่างรูปแบบขอบเขตการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining Fields) สำหรับชิ้นงานที่ต้องใช้เครื่องจักรเหล่านั้น ให้มีความสัมพันธ์กับขอบเขตของรูปร่างและวัสดุ (Shape and Material Fields) ก่อนหน้านี้ (รูปที่ 5)

- ร่างรูปแบบขอบเขตของขนาด (Dimensional Field) (รูปที่ 6)

ข้อจำกัดของขอบเขต รูปร่าง วัสดุ การปฏิบัติงานของเครื่องจักรและขนาดควรจะให้มีช่องกว้างให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ชิ้นงานที่มีขอบเขตของรูปร่าง วัสดุ การปฏิบัติงานของเครื่องจักรและขนาดคล้ายกันควรจะรวบรวมเข้าด้วยกัน ที่เรียกว่าขอบเขตของความคล้ายคลึง (Similarity Fields) (รูปที่ 7) การรวมของหมายเลขรหัสเหล่านี้ จะเป็นการบรรยายสภาพชิ้นงานอย่างหยาบๆ แต่สามารถให้ข้อมูลมากเพียงพอต่อการประยุกต์ใช้ในขอบเขตการผลิต

DIGIT 1.

PART CLASS

0	SHEET PARTS	FLAT PARTS	WITHOUT SYMMETRY	
1			ONE SYMMETRY AXIS	
2			TWO OR MORE SYMMETRY AXIS	
3		VOLUME PARTS WITH PARALLEL BEND EDGE	SINGLE BEND	WITHOUT SYMMETRY IN LAYOUT
4				SYMMETRY IN LAYOUT
5			SEVERAL BENDS	WITHOUT SYMMETRY IN LAYOUT
6				SYMMETRY IN LAYOUT
7		SPECIAL VOLUMETRIC PART		

รูปที่ 2 หลักแรกของขอบเขตความคล้ายคลึงตรงกับหลักแรกของรหัสชิ้นงาน (Part Class)

Shape Field : 01 : Flat Part : Rectangular & Square						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0	x	x	x			x
1	x		x			
2	x			x		
3						
4						
5					x	
6						
7						
8			x			
9						

Shape Field : 02 : Flat P: Wedge Shaped,Triangular,Trapezium						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0	X	X				X
1	X			X		
2	X		X			
3						
4			X			
5			X		X	
6						
7						
8						
9						

รูปที่ 3 ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในหอบเขตของรูปร่าง (Shape Field)

Shape Field : 03 : Flat Part : Angular & Roof Shaped						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0	X	X				X
1	X			X		
2	X					
3			X			
4						
5					X	
6			X			
7						
8						
9						

Shape Field : 04 : Flat Part : Circle and Ring Shaped						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0	X	X				X
1	X			X		
2	X					
3						
4						
5					X	
6						
7			X			
8						
9			X			

รูปที่ 3 (ต่อ) ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในขอบเขตของรูปร่าง (Shape Field)

Shape Field : 05: Single Bend: Rectangular & Square						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0			X	X		X
1		X	X	X	X	
2		X				
3	X	X				
4	X					
5					X	
6						
7						
8						
9						

Shape Field : 06:Single B.:Wedge Shaped,Triangular,Trapezium						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0				X		X
1		X		X	X	
2		X	X			
3	X	X				
4	X		X			
5			X		X	
6						
7						
8						
9						

รูปที่ 3 (ต่อ) ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในขอบเขตของรูปร่าง (Shape Field)

Shape Field : 07: Single Bend : Angular & Roofe Shaped						
Digits Of Nowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0				X		X
1		X		X	X	
2		X				
3	X	X	X			
4	X					
5					X	
6			X			
7						
8						
9						

Shape Field : 08 : Single Bend: Multiple Cut Out.						
Digits Of Nowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0				X		X
1		X		X	X	
2		X				
3	X	X				
4	X					
5					X	
6						
7						
8			X			
9			X			

รูปที่ 3 (ต่อ) ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในขอบเขตของรูปร่าง (Shape Field)

Shape Field : 09 : Several Bend : Rectangular & Square						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0			x	x		x
1		x	x	x	x	
2		x		x		
3		x				
4		x				
5	x				x	
6	x					
7						
8						
9						

Shape Field : 10 : Several B.:Wedge Shaped,Triangular,Trapez.						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0				x		x
1		x		x	x	
2		x	x	x		
3		x				
4		x	x			
5	x		x		x	
6	x					
7						
8						
9						

รูปที่ 3 (ต่อ) ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในขอบเขตของรูปร่าง (Shape Field)

Shape Field : 11 : Several Bend : Angular & Roofe Shaped						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position➡	1	2	3	4	5	6
0				x		x
1		x		x	x	
2		x		x		
3		x	x			
4		x				
5	x				x	
6	x		x			
7						
8						
9						

Shape Field : 12: Several Bend: Multiple Cut Outs.						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position➡	1	2	3	4	5	6
0				x		x
1		x		x	x	
2		x		x		
3		x				
4		x				
5	x				x	
6	x					
7						
8			x			
9			x			

รูปที่ 3 (ต่อ) ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในขอบเขตของรูปร่าง (Shape Field)

Shape Field : 13: Volume : Rectangular & Square						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0			x	x	x	x
1			x	x	x	x
2				x	x	
3					x	
4					x	
5		x			x	
6		x				
7	x	x				
8		x	x			
9		x				

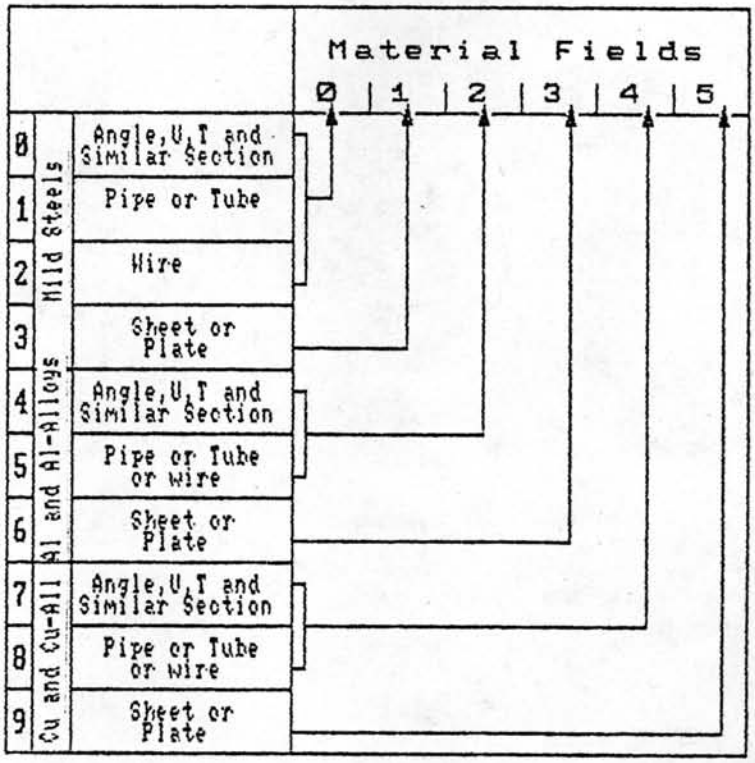
Shape Field : 14: Vol. : Wedge Shaped,Triangular,Trapezium						
Digits Of Wowkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0				x	x	x
1				x	x	x
2			x	x	x	
3					x	
4			x		x	
5		x	x		x	
6		x				
7	x	x				
8		x				
9		x				

รูปที่ 3 (ต่อ) ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในขอบเขตของรูปร่าง (Shape Field)

Shape Field : 15: Volume: Angular & Roofe Shaped						
Digits Of Howkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0				x	x	x
1				x	x	x
2				x	x	
3			x		x	
4					x	
5		x			x	
6		x	x			
7	x	x				
8		x				
9		x				

Shape Field : 16 : Volume : Circular &.Ring Shaped and Other						
Digits Of Howkpiece Code	Part Class	Geometric Shape		Machining Characteristics		
		Deformed Cross Section	Main Shape	Manual Work	Pressing	Metal Joining
Position▶	1	2	3	4	5	6
0				x	x	x
1				x	x	x
2				x	x	
3					x	
4					x	
5		x			x	
6		x				
7	x	x	x			
8		x				
9		x	x			

รูปที่ 3 (ต่อ) ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในขอบเขตของรูปร่าง (Shape Field)



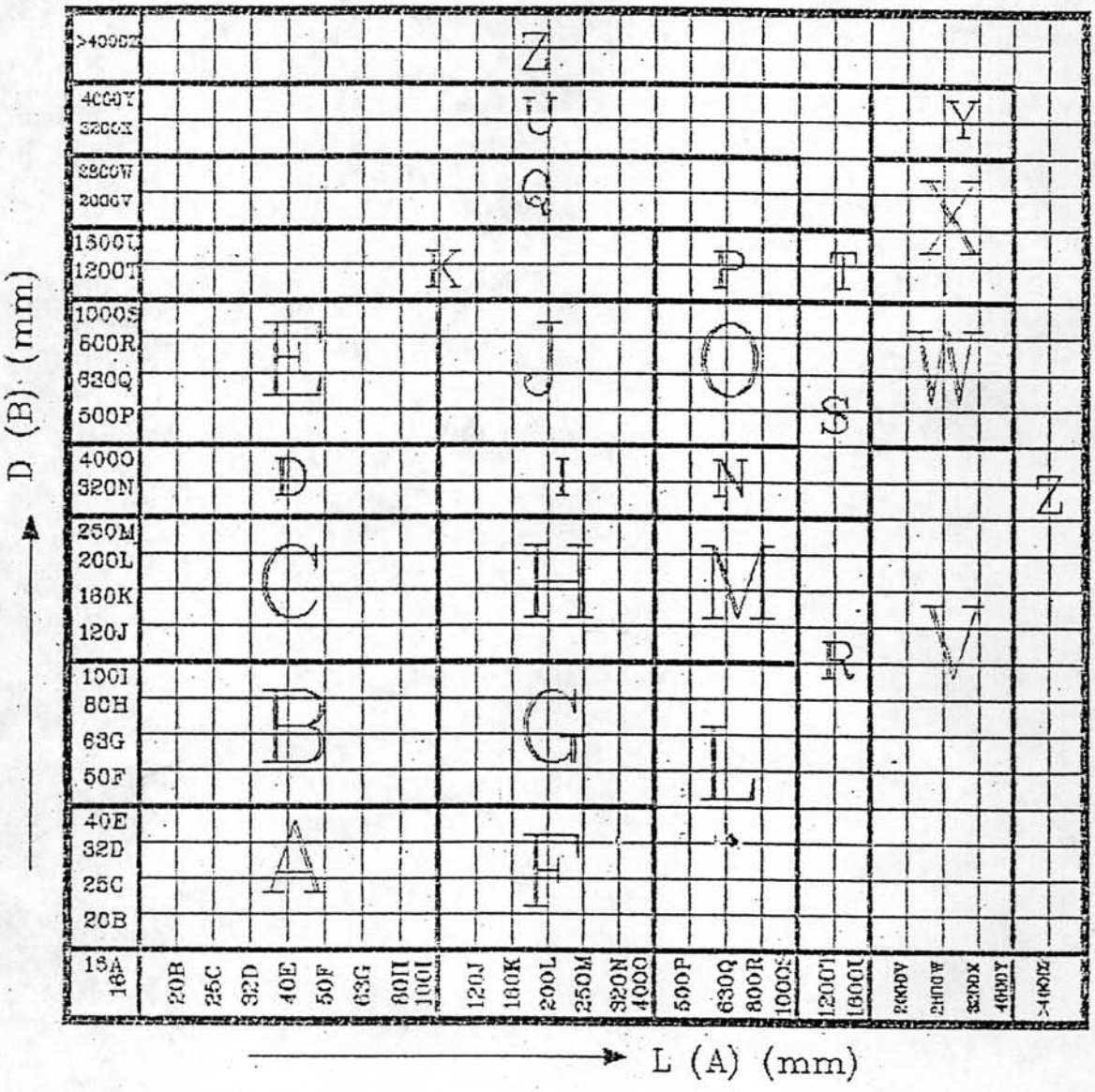
Similarity Field -3RD Digit - Material Fields Represent a Combination of the Material Classes Based on Workpiece Supplementary Code

รูปที่ 4 ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในขอบเขตของวัสดุ (Material Field)

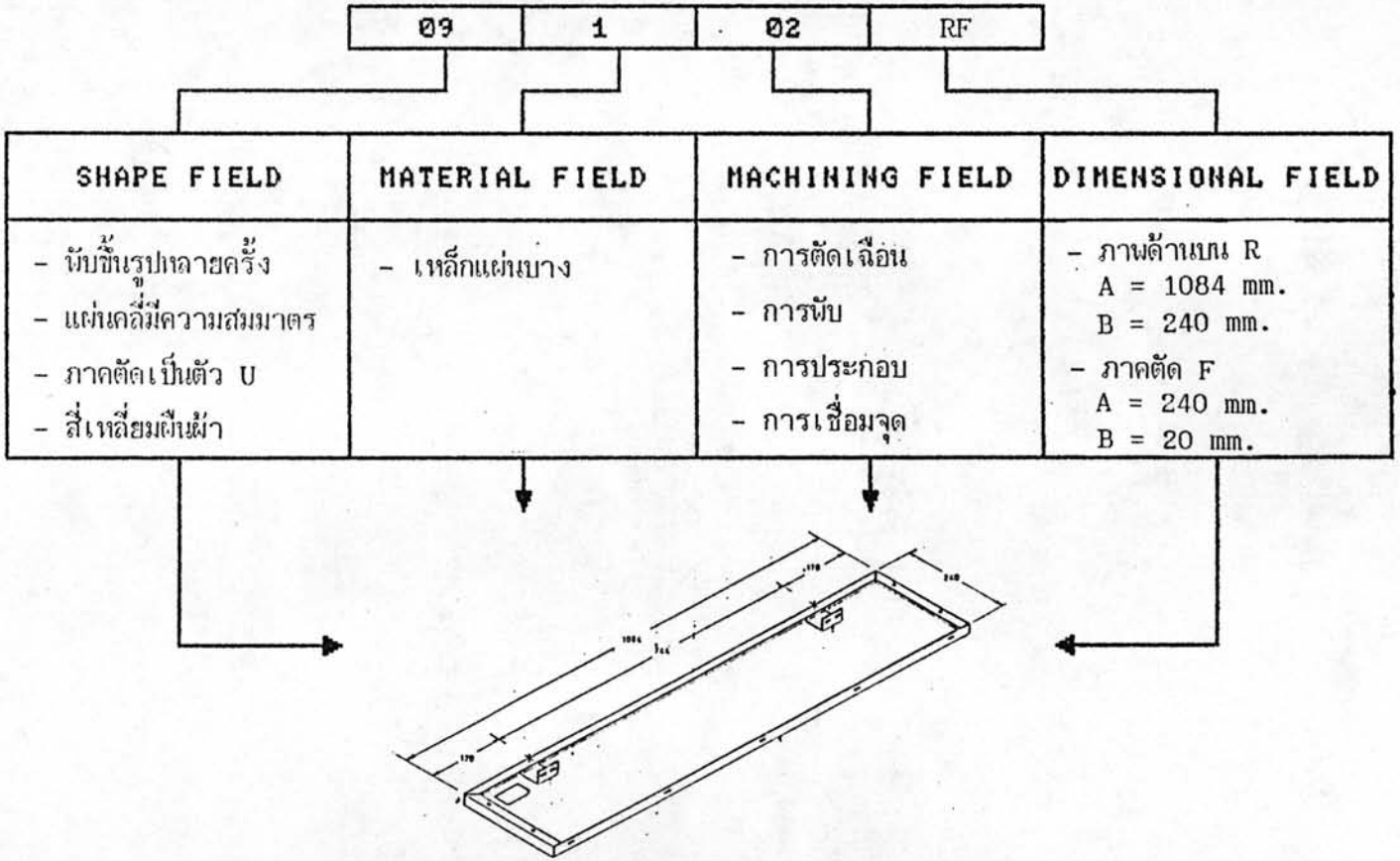
Operation. Code / Machining TYpe	Shape Fields No.					81 - 16				
	Machining Fields									
	01.	02.	03.	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.
Shearing	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Forming						X	X	X	X	
Bending	X	X	X		X		X	X	X	X
Rolling				X	X					
Assembling		X	X					X	X	X
Spot Weld.		X		X	X			X	X	X
Arc Weld.			X						X	X
Grind/Surf			X	X					X	X
Inspection	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

รูปที่ 5 ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในขอบเขตของการปฏิบัติงาน (Machining Field)

SIMILARITY FIELDS DIGIT 6.& 7., DIMENSIONAL FIELDS

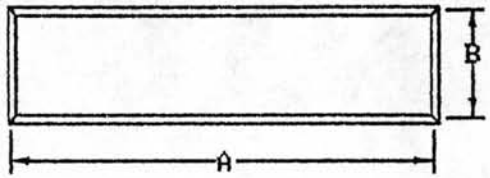


รูปที่ 6 ความคล้ายคลึงของชิ้นงานในขอบเขตของขนาด (Dimensional Field)



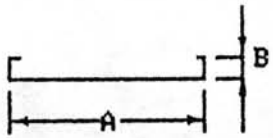
รูปที่ 7 โครงสร้างสำหรับการกำหนดขอบเขตความคล้ายคลึง (Similarity Fields)

Top View



A = 1084 MM. B = 240 MM.
Code = V (Digit 6)

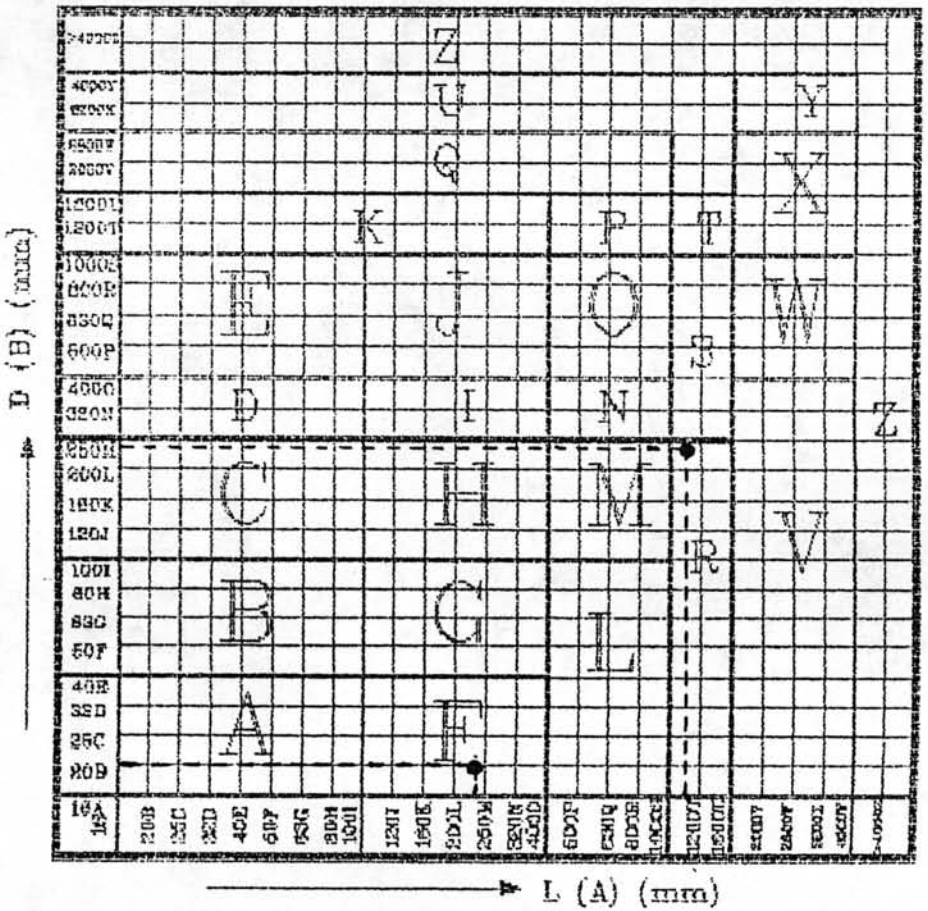
Cross Section View



A = 240 MM. B = 20 MM.
Code = A (Digit 7)

รหัสในขอบเขตของขนาด หลักที่ 6 และ 7

SIMILARITY FIELDS DIGIT 6.& 7., DIMENSIONAL FIELDS



รูปที่ 8 การกำหนดขอบเขตของขนาด

ภาคผนวก ค.

การวางแผนกระบวนการผลิตสำหรับชิ้นงานใหม่

การวางแผนกระบวนการผลิต (Process Planning)

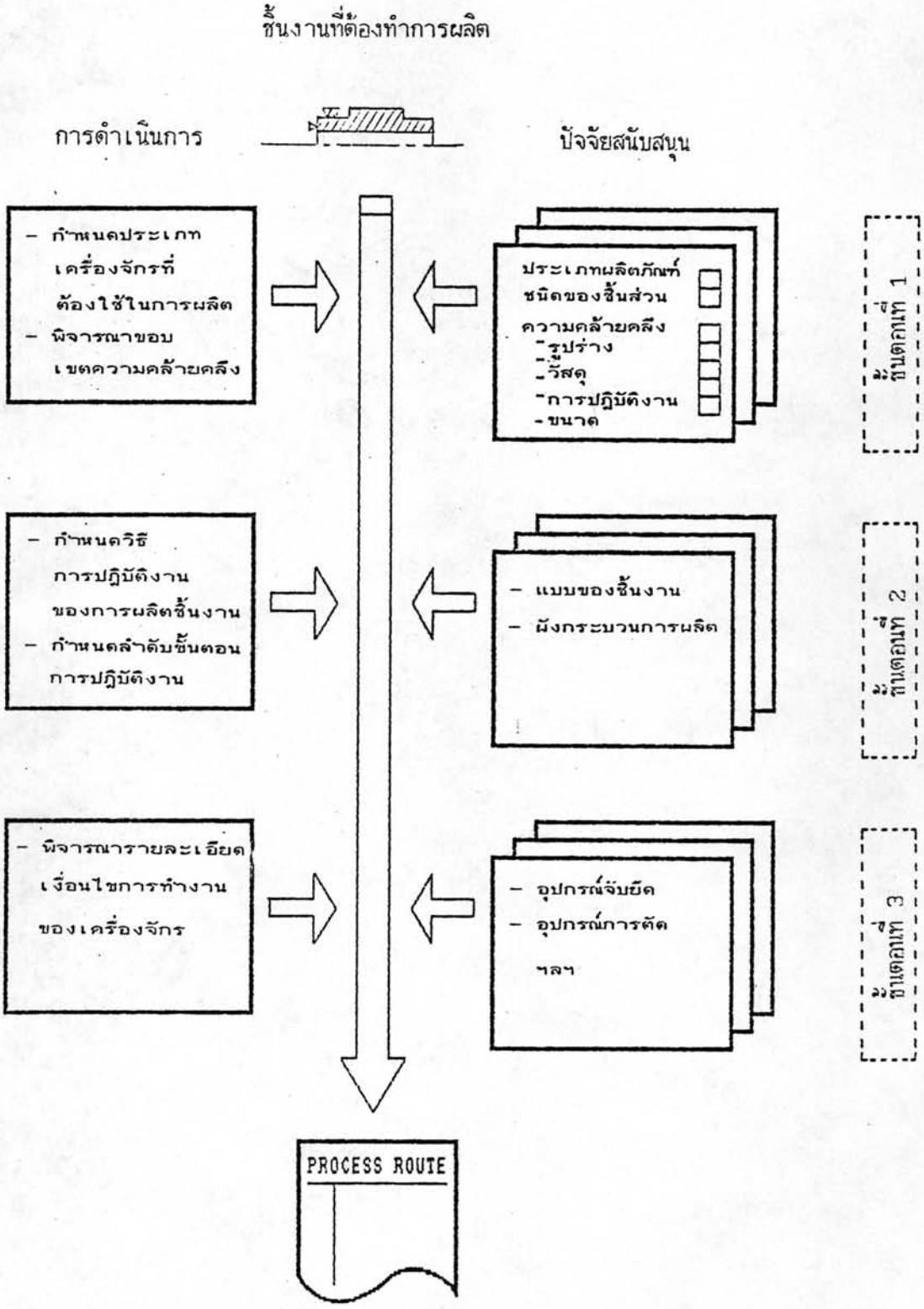
เมื่อมีการออกแบบผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่เกิดขึ้น สิ่งหนึ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือ การต้องออกแบบชิ้นส่วน(ชิ้นงาน) ของผลิตภัณฑ์รุ่นนั้นและกระบวนการผลิตชิ้นใหม่ โดยปกติการดำเนินการวางแผนกระบวนการผลิตสำหรับชิ้นงานใหม่นั้น จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์และพิจารญาณของผู้วางแผน แต่เพื่อที่จะทำให้ชิ้นงานที่ออกแบบชิ้นใหม่นั้นมีกระบวนการผลิตสอดคล้องกับเซลล์ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตที่มีอยู่เดิม สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นสิ่งแรกนั้นคือ กรรมวิธีการผลิตของชิ้นงานเหล่านั้นว่ามีความสอดคล้องกับเซลล์การผลิตที่มีอยู่เดิมหรือไม่

ดังนั้นการวางแผนกระบวนการผลิต จะเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การวางแผนการผลิต กระบวนการผลิต ถึงการประกอบ การวางแผนกระบวนการผลิตนี้จะแสดงถึงการเชื่อมต่อที่สำคัญ ระหว่างฝ่ายออกแบบและฝ่ายผลิต แบบของชิ้นงานจะทำการเปลี่ยนเป็นคำสั่งในขั้นตอนการปฏิบัติงานต่างๆ ในรูปแบบของผังกระบวนการผลิต (Process Chart) และในขณะวางแผนจะต้องพิจารณาสิ่งต่อไปนี้ด้วยความรอบคอบ

- ลำดับขั้นตอนการผลิต
- การจัดสรรเซลล์การผลิต
- การจัดสรรอุปกรณ์การผลิต
- เวลาที่ใช้ในการผลิต

1. การวางแผนความคล้ายคลึง (Similarity Planning)

การวางแผนความคล้ายคลึงมีพื้นฐานอยู่บนกฎเกณฑ์ของการเปรียบเทียบ โดยชิ้นงานที่มีคุณสมบัติการใช้เครื่องจักรที่เหมือนกัน จะรวมเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน ที่เรียกว่ากลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining Family) และจัดสรรเข้าสู่เซลล์การผลิตที่มีคุณสมบัติสนองตอบกลุ่มชิ้นงานเหล่านี้ได้



รูปที่ 1 แผนการดำเนินงานสำหรับการวางแผนความคล้ายคลึง

เพื่อทำการจัดสรรชิ้นงานให้ตรงกับเซลล์การผลิต(Machine Cell) ในเบื้องต้นจะกำหนดประเภทของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตอย่างหยาบๆ (รูปที่ 1 แสดงลำดับขั้นตอนความสัมพันธ์ของการดำเนินการวางแผนนี้) ถ้าเป็นชิ้นงานใหม่จะใช้ประเภทของผลิตภัณฑ์และชนิดของชิ้นส่วนที่มีความคล้ายคลึงกันเป็นเกณฑ์ในการจัดสรร โดยใช้ระบบให้รหัสเข้าช่วย

ในขั้นตอนต่อไป จะพิจารณาลำดับขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนการผลิต ขั้นตอนนี้เป็นการพิจารณาความคล้ายคลึงของการปฏิบัติงานในแต่ละชนิดของชิ้นงาน ขั้นตอนที่ 3 ใช้เพื่อพิจารณารายละเอียดเงื่อนไขต่างๆ ในการใช้เครื่องจักรปฏิบัติงาน ประเภทเครื่องจักรเพื่อนำไปสู่เซลล์การผลิตที่เหมาะสม

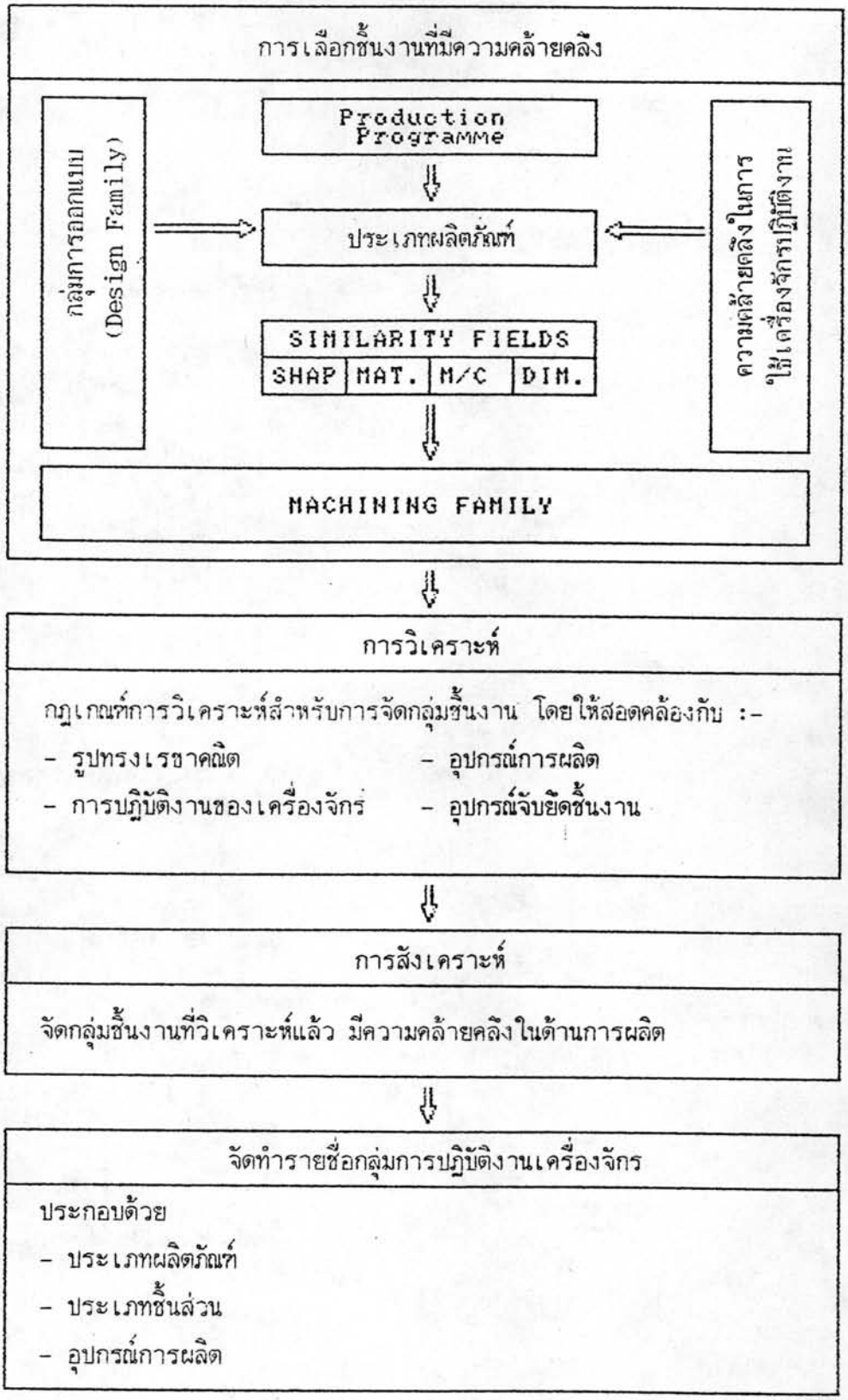
2. <u>การดำเนินการจัดทำสิ่งสนับสนุนแผนงานกระบวนการผลิต</u>

เพื่อที่จะบรรลุผลการกระทำอย่างมีเหตุผล ในการจัดสรรชิ้นงานให้เซลล์การผลิตด้วยความเหมาะสม จะต้องมีสิ่งหนึ่งที่ใช้สนับสนุนการวางแผนเพื่อให้การพิจารณาเป็นไปด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง ลำดับขั้นตอนในการทำสิ่งสนับสนุนนั้น สามารถแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

- การเลือก (Selection)
- การวิเคราะห์ (Analysis)
- การสังเคราะห์ (Synthesis)
- จัดทำรายชื่อกลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining Families - Catalogue)

ก. การเลือก (Selection)

การเลือกเป็นการกำหนดจำนวนชนิดและปริมาณของชิ้นงาน ให้แก่กลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining Family)หนึ่งๆ ขั้นตอนการเลือกสามารถแบ่งได้ 3 ขั้นตอน (รูปที่ 2) ขั้นตอนแรก เลือกประเภทของผลิตภัณฑ์ที่มีในโปรแกรมการผลิต (Production - Programe) มาจำนวนหนึ่ง และขั้นต่อไปจะพิจารณาความคล้ายคลึงของชิ้นส่วนในแต่ละประเภทของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกชิ้นส่วนตามลำดับ และจัดกลุ่มเข้าด้วยกัน ในขอบเขตความคล้ายคลึงในด้านรูปร่าง วัสดุ การใช้เครื่องจักรปฏิบัติงาน และขนาด โดยใช้ระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัสเข้าช่วย



รูปที่ 2 แผนการดำเนินการจัดทำรายชื่อกลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining Family)

ในการตั้งกฎเกณฑ์ขอบเขตความคล้ายคลึง เราอาจจะพิจารณาจัดกลุ่มของชิ้นงานไว้ก่อน โดยการสังเกตุและตรวจสอบชิ้นงานที่มีอยู่ ให้สอดคล้องกับประเภทของเครื่องจักรต่างๆที่ใช้ในระบบการผลิต และคุณสมบัติทางด้านรูปร่าง หน้าที่ วัสดุ และขนาด โดยอยู่บนพื้นฐานของระบบการจำแนกชนิดและจะเรียกชิ้นงานที่อยู่ในขั้นตอนนี้ว่ากลุ่มออกแบบ (Design Family) ถ้าชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่กำลังพิจารณาแตกต่างไปจากกฎเกณฑ์ความคล้ายคลึงที่ตั้งขึ้นอย่างมาก เราสามารถที่จะตัดชิ้นส่วนนั้นออกไปจากกลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining Family) ที่กำลังพิจารณานั้น

จากการปฏิบัติและสังเกตุ กลุ่มออกแบบ (Design Family) นั้นสามารถสร้างขึ้นได้หลายกลุ่มด้วยคุณสมบัติต่างๆกัน เพื่อที่จะเป็นการสร้างกลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining Family) ต่อไป ขั้นตอนสุดท้ายพิจารณาขอบเขตจำกัดของกลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักรแต่ละกลุ่ม การกระทำในขั้นตอนนี้ ชิ้นส่วนที่คล้ายกันที่เป็นผลมาจากการจัดกลุ่มออกแบบ (Design Family) จะนำพิจารณาเพื่อที่จะจัดสรรเข้าสู่กลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักรที่เหมาะสมในขั้นตอนของการวิเคราะห์ต่อไป

ข. การวิเคราะห์ (Analysis)

การพิจารณาในขั้นตอนนี้ เป็นการพิจารณาการปฏิบัติงานกับเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอน (การตัด การพับ ฯลฯ) ชิ้นงานสามารถทำการตรวจสอบให้สอดคล้องกับกฎเกณฑ์หลักเหล่านี้

- รูปทรงเรขาคณิต
- ลำดับขั้นตอนการผลิต
- อุปกรณ์การผลิต
- เครื่องจักรที่ใช้ปฏิบัติงาน
- อุปกรณ์ช่วยในการทำงาน

อย่างไรก็ตาม ก่อนที่จะทำการจัดกลุ่มชิ้นงานเข้าด้วยกันเป็นกลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining Family) จะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญในการผลิตที่มีจำกัด เช่น แรงงานที่มีอยู่ ประเภทและจำนวนของอุปกรณ์การผลิต

ค. การสังเคราะห์ (Synthesis)

ชิ้นส่วนที่พิสูจน์แล้วว่ามีความคล้ายคลึงในด้านการปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นผลมาจากขั้นตอนการวิเคราะห์ นำมารวมเข้าด้วยกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่ากลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining Family) หรือกลุ่มการผลิต (Production Family) อุปกรณ์ประเภทต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ ในการผลิตกลุ่มชิ้นงานใดๆ สามารถจัดรวมเข้าด้วยกันเป็นกลุ่มเดียวกัน

ง. จัดทำรายชื่อกลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักร (Machining Family - Catalogue)

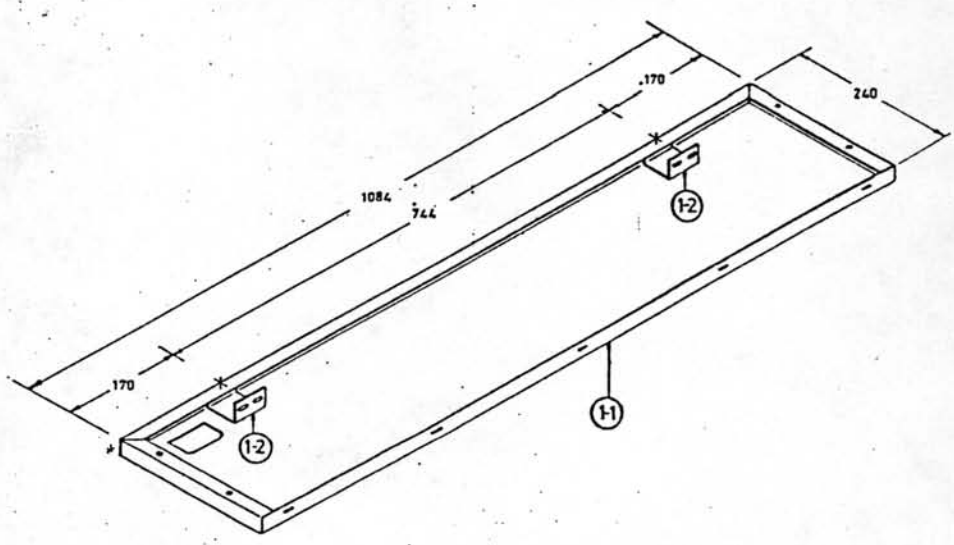
เป็นการสรุปผลการกระทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 3 และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มการปฏิบัติงานเครื่องจักรใดๆ เช่น อุปกรณ์การผลิต อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน ฯลฯ แสดงในรูปแบบดังรูปที่ 3 เพื่อที่จะเป็นสิ่งสนับสนุนแผนงานในการผลิต

รูปที่ 3.

MACHINE CELL ..4...

MACHINING FAMILY ....

PRODUCT GROUP			คอล์ยเย็นตั้ง Temp, SU 120 - 320
COMPONENT TYPE			ฝาช้าง
SIMILARITY FIELDS	SHAPE	09	พับขึ้นรูปหลายครั้ง แผ่นคลี่มีความสมมาตร สี่เหลี่ยมผืนผ้า
	MATERIAL	1	เหล็กแผ่นบาง
	MACHINING	02	การตัดเฉือน การพับ การประกอบ การเชื่อมจุด
	DIMENSION	RF	ภาพด้านบน R A = 1084 mm. B = 240 mm. ภาคตัด F A = 240 mm. B = 20 mm.



TOOL GROUP

CLAMPING TOOLS	PRESSING TOOLS	SPECIAL EQUIP.
	300-98-12-SM 220-105-10-BA 120-107-8-CA 120-108-9-HA 301-93-10-MG	

ภาคผนวก ง.

ระบบควบคุมการผลิตแบบ Period Batch Control.

การควบคุมการผลิตแบบ Period Batch Control (PBC)

Period Batch Control (PBC) คือระบบการออกคำสั่งในการควบคุมการผลิตของระบบการควบคุมแบบ Flow Control เป็นระบบแบบ Single Cycle และ Single Phase ซึ่งคำสั่งในการผลิตและ/หรือสั่งซื้อจะออกเรียงลำดับเป็นช่วงๆที่สม่ำเสมอ

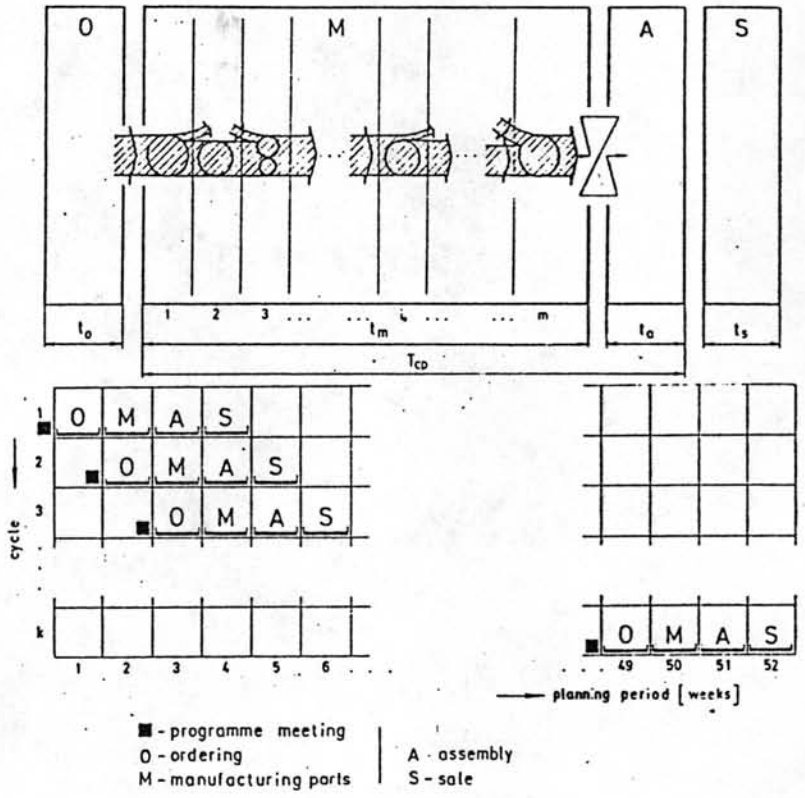
พื้นฐานของระบบคือ การสั่งผลิตและ/หรือสั่งซื้อจะถูกกำหนดในรอบเวลา หรือช่วงเวลาที่คงที่ (Fixed Cycle) ปริมาณของชิ้นส่วนและ/หรือวัตถุดิบที่จะสั่งผลิตและ/หรือสั่งซื้อจะคำนวณได้โดยตรงจากปริมาณและประเภทของผลิตภัณฑ์ที่แสดงใน โปรแกรมการผลิตผลิตภัณฑ์ (Production Programme) หรือที่เรียกว่า " Explosion " ระบบการควบคุมนี้ใช้ในระบบการผลิตแบบมวลภัณฑ์ (Mass Production) ถึงแม้ว่าในระบบการผลิตแบบเป็นรุ่น (Batch) จะยังไม่มีการใช้อย่างกว้างขวาง แต่ถ้าใช้ระบบการควบคุมการผลิตแบบนี้ จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าระบบการควบคุมแบบดั้งเดิมที่ใช้กันอยู่คือ ระบบ Stock Control

การควบคุมแบบ PBC เวลาใน 1 ปีจะต้องแบ่งเป็นช่วงที่เท่ากันโดยประมาณที่เรียกว่ารอบเวลา (cycle) ภายในรอบเวลาจะแบ่งออกเป็นคาบเวลา (Period) ที่เท่ากัน ถ้าเลือกคาบเวลาเท่ากับ 2 สัปดาห์ จะหมายความว่าจะต้องทำการประกอบผลิตภัณฑ์ให้เสร็จภายใน 2 สัปดาห์ สำหรับการขายภายในช่วง 2 สัปดาห์โดยที่ความต้องการของตลาด (Market Demand) มีความสมดุลย์กับปริมาณการผลิตและจะต้องทำการผลิตชิ้นส่วนสำหรับใช้ในการประกอบผลิตภัณฑ์ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ให้เสร็จภายใน 2 สัปดาห์ และอาจจะเป็นไปได้ที่ทำการจัดสรรวัตถุดิบสำหรับใช้ในการผลิตชิ้นส่วนในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ภายใน 2 สัปดาห์

รูปที่ 1 แสดงการควบคุมแบบ PBC ของโรงงานที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์แห่งหนึ่ง ที่เลือกรอบเวลา (Cycle) เท่ากับ 4 สัปดาห์ จะเริ่มต้นที่การประชุมร่วมกันของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง (Programme Meeting) เพื่อที่จะทำการกำหนดโปรแกรมการผลิต ซึ่งการประชุมครั้งนี้ฝ่ายขายจะเสนอโปรแกรมขาย (Sale Programme) ที่แสดงประเภทและปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ฝ่ายขายมีความประสงค์ที่จะส่งไปให้ลูกค้าใน สัปดาห์ที่ 4 (S) และโปรแกรมการผลิตผลิตภัณฑ์ (Production Programme) จะแสดงรายการของผลิตภัณฑ์ที่ฝ่ายผลิตจะต้องทำการประกอบใน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัปดาห์ที่ 3 (A) โปรแกรมการผลิตจะต้องทำให้โปรแกรมขายบรรลุความต้องการ ปริมาณของชิ้นส่วนที่ทำการผลิตในสัปดาห์ที่ 2 (M) สำหรับใช้ในการประกอบในสัปดาห์ที่ 3 หาโดยวิธี "Explosion" ในระหว่างสัปดาห์ที่ 1 (O)



รูปที่ 1 ระบบการควบคุมแบบ Period Batch Control

<u>ลำดับขั้นตอนพื้นฐานของการจัดทำ Period Batch Control (PBC)</u>

1. เลือกรอบเวลาของการวางแผนที่เหมาะสม

ความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์ และ/หรือชิ้นส่วนที่ทำการผลิต และกระบวนการผลิตที่กำหนดขึ้น จะเป็นเงื่อนไขต่อการกำหนดรอบเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้กระบวนการต่างๆเสร็จภายในรอบเวลานั้น

2. ทำการกำหนดโปรแกรมการผลิต (Programming)

ขั้นตอนของกระบวนการกำหนดโปรแกรมการผลิต โดยการควบคุมแบบ PBC แสดงดังแผนภูมิรูปที่ 2

ก. การวางแผนเพื่อที่จะกำหนดโปรแกรมขาย (Sale Programme) จะแสดงประเภทและปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่จะส่งและ/หรือขาย ในรอบเวลาที่กำหนด

ข. การวางแผนกำหนดโปรแกรมการประกอบ (Assembly Programme) สำหรับช่วงเวลาที่อยู่ในลำดับก่อนช่วงเวลาการขาย

ค. กำหนดรายการชิ้นส่วนที่จะต้องทำการผลิตและ/หรือสั่งซื้อ สำหรับช่วงเวลาที่อยู่ในลำดับก่อนช่วงเวลาการประกอบ

ง. การส่งมอบ (Despatching) เป้าหมายเพื่อให้งานเสร็จ 100% ตามเวลาที่กำหนดในแต่ละช่วงเวลา

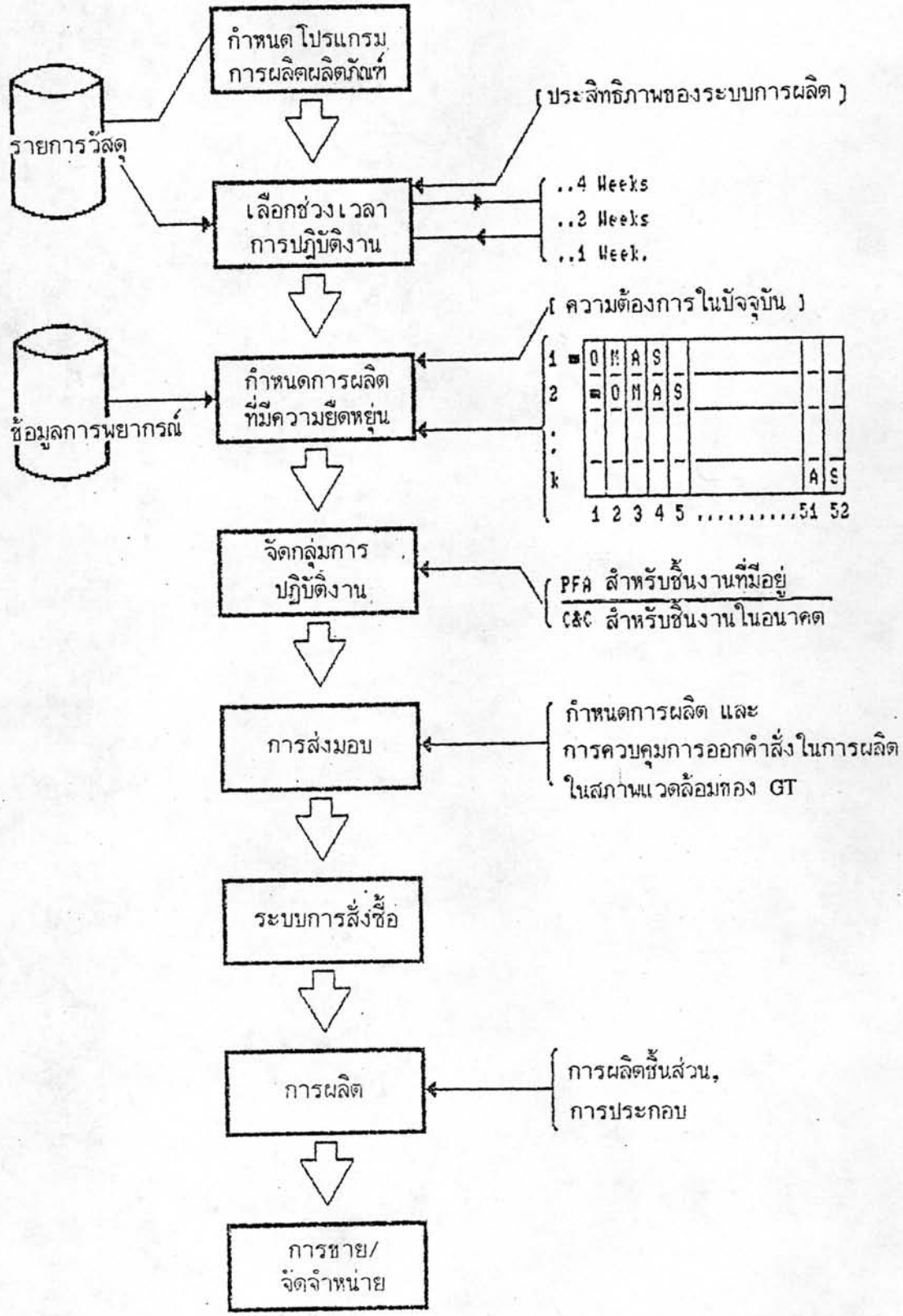
จ. การสั่งซื้อ เป้าหมายเพื่อให้การส่งมอบวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนสำเร็จรูป ภายในช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการควบคุมระบบพัสดุคงคลัง (Inventory Control) เพื่อที่จะลดปริมาณพัสดุใน Stock

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับ PBC ในแต่ละรอบเวลา ที่จะใช้สำหรับการกำหนดเวลาการปฏิบัติงาน (Operation Scheduling) ประกอบด้วย

1. โปรแกรมการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท เพื่อที่จะใช้หารายการของชิ้นส่วน วัตถุดิบ ที่จะต้องสั่งผลิต และ/หรือสั่งซื้อ

2. รายการสั่งผลิตและ/หรือสั่งซื้อชิ้นส่วน จะแสดงชิ้นส่วนทั้งหมดที่จะต้องผลิตและ/หรือสั่งซื้อ รวมทั้งวัตถุดิบที่จะต้องใช้

3. สรุปภาระการทำงานในแต่ละคาบเวลา (Period Load Summary) จะแสดงภาระการทำงานของเครื่องจักรทั้งหมดในแต่ละเซลล์ ในรูปแบบชั่วโมงทำงานเครื่องจักร



รูปที่ 2 ลำดับขั้นตอนพื้นฐานของกระบวนการกำหนดโปรแกรมการผลิต
ผลิตภัณฑ์ โดยมีระบบการควบคุมการผลิตแบบ PBC.

ภาคผนวก จ.

การจัดลำดับขั้นตอนของงานและตารางกำหนดการผลิต

การจัดลำดับขั้นตอนของงานและตารางกำหนดการผลิต (Sequencing and Scheduling)

การกำหนดงานแก่สายการผลิต (Line Loading) การสมดุลย์สายการผลิต (Line Balancing) การกำหนดช่วงเวลานำของการสั่งซื้อ (Lead Time) การพัฒนาระบบการกำหนดขนาดสั่งซื้อที่ประหยัด (Economical Order Quantities, EOQ) และการจัดลำดับขั้นตอนของงาน (Sequencing)ที่เหมาะสม สิ่งต่างๆเหล่านี้จะนำไปสู่การพัฒนากฎเกณฑ์ของการกำหนดงานการผลิต (Production Scheduling) โดยทั่วไปแล้วการจัดลำดับขั้นตอนของงานที่เหมาะสมตลอดกระบวนการผลิต จะทำให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพในเบื้องต้น

เมื่อผู้มีความรับผิดชอบในการผลิต เริ่มกำหนดการผลิต เขาจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยและทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตที่จะสามารถหาได้ในขณะนั้น เช่น คนงาน อุปกรณ์การผลิต ฯลฯ โดยที่สิ่งเหล่านี้จะมีอยู่จำนวนจำกัด สำหรับงาน(ชิ้นงาน)ที่จะต้องทำแต่ละงานนั้น ผู้รับผิดชอบจะต้องทราบถึงจำนวนทรัพยากรที่ต้องการ และเวลาที่ใช้เพื่อที่จะให้งานนั้นเสร็จสมบูรณ์ตามกำหนด เขาจะต้องทำการจัดสรรทรัพยากรและปัจจัยในการผลิตที่มีอยู่ ให้แก่งานแต่ละงานและจัดลำดับขั้นตอนของงานในการใช้ทรัพยากรในการผลิตนั้นๆ เพื่อที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการกำหนดการผลิตตามเป้าหมายที่วางไว้ ด้วยเหตุที่ว่างานแต่ละงานนั้น ต้องการการปฏิบัติงานหลายขั้นตอนหรือต้องผ่านการใช้เครื่องจักรหลายประเภท ฉนั้นปัญหาการจัดลำดับขั้นตอนของงาน จึงเป็นปัญหาที่แปรเปลี่ยนไปตามเวลา (Dynamic) นั่นคือการตัดสินใจในการจัดลำดับของงานจะเกิดขึ้นตลอดเวลาขณะที่เครื่องจักรเครื่องหนึ่งทำงานชนิดหนึ่งเสร็จหรือมีชิ้นงานใหม่เข้ามาในกระบวนการผลิต

วัตถุประสงค์ของการกำหนดการผลิตอาจมีได้หลายวัตถุประสงค์ แต่ที่เด่นชัดที่สุดคือการทำให้การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรและปัจจัยในการผลิตให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นั่นคือการลดเวลาการสูญเปล่าในการผลิต สำหรับกลุ่มของชิ้นงานกลุ่มหนึ่ง การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรจะเป็นสัดส่วนกลับกับเวลาที่ใช้ในการทำให้กลุ่มของชิ้นงานนั้นเสร็จสิ้น เวลานี้เรียกว่า Makespan หรือ Flow Time (Makespan มีค่าเท่ากับผลรวมของเวลาที่ใช้ในการทำให้งานทุกงานภายในกลุ่มที่กำหนดเสร็จสิ้น) ฉนั้นสำหรับกลุ่มของชิ้นงานที่กำหนด สามารถทำให้การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเพิ่มขึ้นได้โดยลด Makespan

วัตถุประสงค์อื่นคือ ลดงานระหว่างผลิต (In-Process Inventory) เป็นการลดจำนวนของงานที่รอคอยการใช้เครื่องจักรเพื่อทำการผลิต โดยขณะนั้นเครื่องจักรกำลังใช้ผลิตงานประเภทอื่นอยู่

วัตถุประสงค์สุดท้ายคือ การลดความเชื่องช้าในการปฏิบัติงานบางขั้นตอนลง งานบางงานหรืองานทั้งหมดจะมีกำหนดวันส่งมอบ (Due Dates) ที่แน่นอน และจะเสียค่าปรับถ้างานส่งมอบหลังวันที่กำหนด ความล้มเหลวของแผนกผลิตชิ้นส่วนในการส่งมอบชิ้นส่วนให้แก่แผนกประกอบตามช่วงเวลาที่กำหนดจะทำให้ระบบการควบคุมการผลิตแบบ Period Batch Control (PBC) ไม่บรรลุผลเท่าที่ควร

<u>การกำหนดการผลิตแบบกลุ่ม (Group Scheduling)</u>

การกำหนดการผลิตแบบกลุ่ม คือการกำหนดงานการผลิตบนพื้นฐานแนวความคิดของเทคโนโลยีการจัดกลุ่ม โดยที่สิ่งที่เรียกว่า "ชิ้นงาน" หรือ "ชิ้นส่วน" นั้น ถูกจัดเข้าเป็นกลุ่มชนิดต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับระบบการจำแนกชนิดและการให้รหัสที่นำมาใช้ ดังนั้นในการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีการจัดกลุ่มจะมีปัญหาเกิดขึ้นคือ จะจัดลำดับของกลุ่มชิ้นงานเพื่อทำการผลิตอย่างไร และในแต่ละกลุ่มชิ้นงานจะจัดลำดับของงานเพื่อทำการผลิตอย่างไร การจัดลำดับขั้นตอนของงานทั้งสองชนิดนี้เรียกว่า ลำดับของกลุ่มชิ้นงาน (Group Sequence) และลำดับของงาน (Job Sequence) ตามลำดับ และจะเรียกการกำหนดการผลิตแบบนี้ว่า กำหนดการผลิตแบบกลุ่ม (Group Scheduling, GS) ซึ่งมีจุดเด่นเฉพาะที่แตกต่างไปจากการกำหนดการผลิตแบบทั่วไป ตรงปัญหาพื้นฐานคือ การกำหนดการผลิตแบบกลุ่มนั้น จะต้องหาทั้งลำดับของกลุ่มชิ้นงานและลำดับของงานในแต่ละกลุ่มที่เหมาะสม ซึ่งจะนำไปสู่เทคนิคการกำหนดการผลิตแบบสองเฟส โดยที่จะทำการตรวจสอบต่อไป

1. จำกัดความของปัญหาการกำหนดการผลิตแบบกลุ่ม

สำหรับการสร้างแบบจำลองของการกำหนดการผลิตแบบกลุ่มนั้น ระบบการผลิตจะต้องเป็นไปตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

ก. ระบบการผลิตจะมีหลายขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย K ขั้นตอน หรือเครื่องจักรเรียงตามลำดับกัน K เครื่อง ขั้นตอนหรือเครื่องจักรจะแสดงโดย k (k = 1,2 ,3,.....,K)

ข. ชิ้นงานหรือชิ้นส่วนที่จะทำการผลิตจะจำแนกออกเป็น M กลุ่ม ดัชนีของกลุ่มแสดงโดย i (i = 1,2,3,.....,M) ในกลุ่มของชิ้นงานที่ i (G_i) จะประกอบด้วยประเภทชิ้นงานจำนวน N_i ดัชนีของชิ้นงานจะแสดงโดย j (j = 1,2,3,.....,N_i) และ $\sum_{i=1}^{M} N_i=N$ ซึ่งก็คือจำนวนของชิ้นงานทั้งหมดที่จะต้องทำการผลิต N ชิ้น

ค. ลำดับขั้นตอนของกลุ่มและของชิ้นงานเหมือนกันโดยตลอดทุกขั้นตอนการผลิต

ง. เวลาการผลิตของกลุ่มประกอบด้วย เวลาเตรียมเครื่องของกลุ่ม และผลรวมของเวลาการผลิตชิ้นงานทั้งหมดทุกประเภทที่อยู่ในกลุ่ม

จ. เวลาการผลิตของชิ้นงานแต่ละประเภทประกอบด้วยเวลาเตรียมชิ้นงานและเวลาการผลิตต่อหน่วย คูณด้วยขนาดของรุ่นที่ทำการผลิต

ฉ. เวลาการผลิตต่อหน่วย ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการปฏิบัติงานกับเครื่องจักรของคนงาน

ช. เวลาเตรียมพร้อมของชิ้นงานทั้งหมดเพื่อเริ่มต้นทำการผลิต เริ่มที่เวลาเดียวกัน

กฎเกณฑ์การกำหนดการผลิตแบบกลุ่มที่ใช้ในที่นี้ คือ Total Flow Time หรือ Makespan ต่ำสุด ซึ่งหมายความว่าเวลาที่ผ่านพ้นไปจากการเริ่มต้นของงานแรกในกลุ่มแรก (Time = 0) ถึงการสิ้นสุดของงานสุดท้ายในกลุ่มสุดท้าย ให้มีค่าน้อยที่สุด

การกำหนดการผลิตแบบกลุ่ม (GS) สำหรับระบบการผลิตแบบหลายขั้นตอนนั้น เพื่อที่จะทำการกำหนดทั้งกลุ่มชิ้นงานและลำดับขั้นตอนของงานที่เหมาะสม สำหรับชิ้นงานทุกชิ้นในทุกขั้นตอนการผลิต เพื่อที่จะทำให้ Total Flow Time (Makespan) ต่ำสุด ข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับการกำหนดการผลิตแบบกลุ่มคือ กลุ่มของชิ้นงาน เวลาการผลิตของทุกงานภายในแต่ละกลุ่ม และเวลาเตรียมเครื่องของกลุ่มชิ้นงาน

2. <u>แบบจำลองคณิตศาสตร์ของการกำหนดการผลิตแบบกลุ่ม</u>

ก. เวลาการผลิตชิ้นงาน

เวลาการผลิตชิ้นงานหนึ่งหน่วย p_{ijk} (นาที/ชิ้น) ของชิ้นตอนการปฏิบัติงานที่ k (บนเครื่องจักรลำดับที่ k) (O_{ijk}) ของชิ้นงานที่ j (J_{ij}) ของกลุ่มที่ i (G_i) แสดงดังสมการที่ 1

$$p_{ijk} = a_{ijk} + t_{ijk} \qquad i = 1,2,.....M \qquad (1)$$

$$j = 1,2,.....N_i$$

$$k = 1,2,.....K$$

a_{ijk} : เวลาเตรียมชิ้นงาน (นาที / ชิ้น)

t_{ijk} : เวลาทำงานที่แท้จริง (นาที / ชิ้น)

p_{ijk} : เวลาการผลิตชิ้นงานหนึ่งหน่วย (นาที / ชิ้น)

เมื่อทำการผลิตชิ้นงาน J_{ij} ด้วยขนาดของรุ่น l_{ij} เวลาในการผลิตของชิ้นงาน J_{ij} ทั้งรุ่น บนเครื่องจักร k (M_k) คือ

$$P_{ijk} = S_{ijk} + l_{ijk} \cdot p_{ijk} \qquad (2)$$

S_{ijk} : เวลาเตรียมเครื่องของ J_{ij} บน M_k

ข. เวลาการผลิตของกลุ่มชิ้นงาน

ในเมื่อเวลาการผลิตของชิ้นงาน J_{ij} ทั้งหมดบนเครื่อง k (M_k) แสดงในสมการที่ 2 สมมุติเวลาการเตรียมเครื่องของกลุ่มสำหรับ J_{ij} บนเครื่อง M_k คือ S_{ik} ดังนั้นเวลาการผลิตของกลุ่มสำหรับ G_i บน M_k คือ

$$Q_{ik} = S_{ik} + P_{ik}$$
$$P_{ik} = \sum_{j=1}^{N_i} p_{ijk} \qquad i = 1,2,.....,M$$
$$S_{ik} = \sum_{j=1}^{N_i} S_{ijk} \qquad k = 1,2,.....,K \qquad (3)$$

Q_{ik} : เวลาการผลิตของกลุ่มชิ้นงาน (นาที)

S_{ik} : เวลาเตรียมเครื่องของกลุ่มชิ้นงาน (นาที)

ค. เวลาเสร็จสิ้นของชิ้นงาน

สัญญาลักษณ์ < > ใช้เพื่อบ่งบอกถึง กลุ่มหรือชิ้นงานในลำดับที่เหมาะสม ดังนั้น $G_{<i>} = G_r$ หมายความว่า กลุ่มชิ้นงานที่ r ทำการผลิตในลำดับที่ i ซึ่งเป็นลำดับขั้นตอนของกลุ่มที่เหมาะสม (Group Sequence) และ $J_{<i><j>} = J_{r,u}$ มีความหมายว่า ชิ้นงานที่ u ในกลุ่มที่ r ทำการผลิตในลำดับที่ j ซึ่งเป็นลำดับของชิ้นงานที่เหมาะสม (Job - Sequence) ในกลุ่มชิ้นงาน r ซึ่งทำการผลิตในลำดับที่ i ในลำดับของกลุ่มที่เหมาะสม เวลาเสร็จสิ้นของงานในขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ k $O_{<i><j>k}$ หรือบนเครื่องจักร k $J_{<i><j>}$ บน M_k แสดงได้ดังนี้

$$F_{<i><j>k} = \sum_{r=1}^{i-1} (D_{<r>k} + Q_{<r>k}) + S_{<i>k} + \sum_{u=1}^{j} (d_{<i><u>k} + p_{<i><u>k}) \qquad (4)$$

โดยที่

$$D_{<r>k} = \sum_{j=1}^{N_i} d_{<i><j>k}$$
$$d_{<i><j>k} = F_{<i><j>k-1} - F_{<i><j-1>k} \qquad (5)$$

$d_{<i><j>k}$ คือเวลาสูญเปล่า (Idle Time) ของเครื่องจักร k (M_k) ก่อนทำการผลิตชิ้นงานในลำดับที่ j ภายหลังจากการทำการผลิตชิ้นงานในลำดับที่ (j-1) เสร็จสิ้นแล้ว ถ้า $F_{<i><j>k-1} \leqslant F_{<i><j-1>k}$, ดังนั้นให้ $d_{<i><j>k} = 0$

ง. Total Flow Time

จากสมการที่ 4 Total Flow Time ของชิ้นงาน $J_{\langle i\rangle\langle j\rangle}$ และ Total Group Flow Time ของกลุ่มชิ้นงานที่ i, $G_{\langle i\rangle}$ สามารถกำหนดได้ดังสมการต่อไปนี้

$$F_{\langle i\rangle\langle j\rangle} = F_{\langle i\rangle\langle j\rangle k} = \sum_{r=1}^{i-1} (D_{\langle r\rangle k} + Q_{\langle r\rangle k}) + S_{\langle i\rangle k} + \sum_{u=1}^{j} (d_{\langle i\rangle\langle u\rangle k} + p_{\langle i\rangle\langle j\rangle k}) \quad (6)$$

$i = 1,2,.....,M, \quad j = 1,2,.....,N_i$

$$F_{\langle i\rangle} = F_{\langle i\rangle\langle Ni\rangle} = \sum_{r=1}^{i-1} D_{\langle r\rangle K} + Q_{\langle r\rangle K}) \quad (7)$$

$i = 1,2,.....,M$

ดังนั้น Total Flow Time (Makespan) คือ

$$F = F_{\langle M\rangle} = \sum_{r=1}^{M} (D_{\langle r\rangle K} + Q_{\langle r\rangle K} \quad (8)$$

$F_{\langle i\rangle\langle j\rangle k}$: เวลาเสร็จสิ้นของงานสำหรับขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ k (บนเครื่องจักร M_k ของงานที่ j ของกลุ่มชิ้นงานที่ i ในลำดับของงานที่เหมาะสม (นาที)

$D_{\langle r\rangle k}$: เวลาว่างบนเครื่องจักร k (M_k) ลำดับของกลุ่มชิ้นงานที่ r ในลำดับของกลุ่มที่เหมาะสม (นาที)

$Q_{\langle r\rangle k}$: เวลาการผลิตของกลุ่มชิ้นงาน k (M_k) ลำดับของกลุ่มชิ้นงานที่ r ในลำดับของกลุ่มที่เหมาะสม (นาที)

$S_{\langle i\rangle k}$: เวลาเตรียมเครื่องของกลุ่มชิ้นงานที่ i บนเครื่องจักร k (นาที)

$$\sum T' = \begin{pmatrix} X \\ X \\ \vdots \\ X \end{pmatrix} \quad ; \quad \sum T'' = \begin{pmatrix} X \\ X \\ \vdots \\ X \end{pmatrix} \quad ; \quad \sum T'' - \sum T' = \begin{pmatrix} X \\ X \\ \vdots \\ X \end{pmatrix}$$

ขั้นตอนที่ 4 โดยประยุกต์ใช้กฎข้อที่ 1

$$\sum T''_i - \sum T'_i \geq 0 \quad (ก) \sum T' \qquad \sum T''_i - \sum T'_i < 0 \quad (ข) \sum T''$$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาระยะเวลาครบรอบการทำงานสะสม (Cumulative-Cycle Time)

การจัดลำดับของกลุ่ม (Group Sequence) สามารถหาได้โดยวิธีการที่กล่าวมาข้างบน โดยการนำค่าผลบวกของเวลาการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตของแต่ละงาน เวลาเตรียมเครื่องของแต่ละกลุ่มชิ้นงาน มาใช้คำนวณในเมตริกซ์

ตัวอย่างการคำนวณ ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการกำหนดการผลิตแบบกลุ่ม สำหรับระบบการผลิตที่มี 3 ขั้นตอนการผลิต (3 เครื่องจักร) แสดงในตารางที่ 1

GROUP	G_1				G_2			G_3				
JOB J_{ij}	-	J_{11}	J_{12}	J_{13}	-	J_{21}	J_{22}	-	J_{31}	J_{32}	J_{33}	J_{34}
SET UP TIME / PROCESSING TIME	S_1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	S_2	P_{21}	P_{22}	S_3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}
STAGE 1	3	3	4	4	7	5	6	4	2	1	9	4
STAGE 2	6	5	6	1	3	5	2	5	2	8	2	3
STAGE 3	4	7	8	7	2	3	5	4	7	5	5	2

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับงาน 9 ชิ้น แบ่งเป็น 3 กลุ่ม

ตัวอย่างแสดงการแก้ปัญหาการกำหนดการผลิตแบบกลุ่ม โดยวิธี Petrov จากข้อมูลในตารางที่ 1

กลุ่มชิ้นงานที่ 1

1. นำค่าเวลาการผลิตจากตารางที่ 1 มาใส่ในเมตริกซ์ A ด้วยขนาด 3 X 3

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 5 & 7 \\ 4 & 6 & 8 \\ 4 & 1 & 7 \end{pmatrix}$$

2. แบ่งเมตริกซ์ ออกเป็นสองส่วน

$$T' = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 4 & 6 \\ 4 & 1 \end{pmatrix} \qquad T'' = \begin{pmatrix} 5 & 7 \\ 6 & 8 \\ 1 & 7 \end{pmatrix}$$

3. บวกค่าของเมตริกซ์ในแต่ละแถว จากนั้นนำผลบวกของสองเมตริกซ์มาลบกัน

$$\sum T' = \begin{pmatrix} 8 \\ 10 \\ 5 \end{pmatrix} \; ; \quad \sum T'' = \begin{pmatrix} 12 \\ 14 \\ 8 \end{pmatrix} \; ; \quad \sum T'' - \sum T' = \begin{pmatrix} 4 \\ 4 \\ 3 \end{pmatrix}$$

4. โดยประยุกต์ใช้กฎข้อที่ 1

$$\sum T''_i - \sum T'_i \geq 0 \quad (\tfrac{1}{n}) \sum T'$$

ชิ้นงาน 3 ทำการผลิตในลำดับแรก

ชิ้นงาน 1 ทำการผลิตในลำดับสอง

ชิ้นงาน 2 ทำการผลิตในลำดับสุดท้าย

5. คำนวณหาระยะเวลาครบรอบการทำงานสะสม (Cumulative Cycle Time)

4 / 4 / 1 / 5 / 7 / 12

3 / 7 / 5 / 12 / 7 / 19

4 / 11 / 6 / 18 / 8 / 27

ฉนั้นระยะเวลาครบรอบการทำงานสะสมเท่ากับ 27 นาที

กลุ่มชิ้นงานที่ 2

1. นำค่าเวลาการผลิตจากตารางที่ 1 มาใส่ในเมตริกซ์ A ด้วยขนาด 3 X 2

$$A = \begin{pmatrix} 5 & 5 & 3 \\ 6 & 2 & 5 \end{pmatrix}$$

2. แบ่งเมตริกซ์ ออกเป็นสองส่วน

$$T' = \begin{pmatrix} 5 & 5 \\ 6 & 2 \end{pmatrix} \qquad T'' = \begin{pmatrix} 5 & 3 \\ 2 & 5 \end{pmatrix}$$

3. บวกค่าของเมตริกซ์ในแต่ละแถว จากนั้นนำผลบวกของสองเมตริกซ์มาลบกัน

$$\sum T' = \begin{pmatrix} 10 \\ 8 \end{pmatrix}; \quad \sum T' = \begin{pmatrix} 8 \\ 7 \end{pmatrix}; \quad \sum T'' - \sum T' = \begin{pmatrix} -3 \\ -1 \end{pmatrix}$$

4. โดยประยุกต์ใช้กฎข้อที่ 1

$$\sum T_i'' - \sum T_i' \geq 0 \ (\uparrow) \sum T' \qquad \sum T_i'' - \sum T_i' < 0 \ (\downarrow) \sum T''$$

ชิ้นงาน 1 ทำการผลิตในลำดับแรก

ชิ้นงาน 2 ทำการผลิตในลำดับสอง

5. คำนวณหาระยะเวลาครบรอบการทำงานสะสม (Cumulative Cycle Time)

5 / 6 / 5 / 10 / 2 / 13

6 / 11 / 2 / 13 / 5 / 12

ฉนั้นระยะเวลาครบรอบการทำงานสะสมเท่ากับ 18 นาที

กลุ่มชิ้นงานที่ 3

1. นำค่าเวลาการผลิตจากตารางที่ 1 มาใส่ในเมตริกซ์ A ด้วยขนาด 3 X 4

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 7 \\ 1 & 8 & 5 \\ 9 & 2 & 5 \\ 4 & 3 & 2 \end{pmatrix}$$

2. แบ่งเมตริกซ์ ออกเป็นสองส่วน

$$T' = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 8 \\ 9 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix} \qquad T'' = \begin{pmatrix} 3 & 7 \\ 8 & 5 \\ 2 & 5 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}$$

3. บวกค่าของเมตริกซ์ในแต่ละแถว จากนั้นนำผลบวกของสองเมตริกซ์มาลบกัน

$$\sum r' = \begin{pmatrix} 4 \\ 9 \\ 11 \\ 7 \end{pmatrix} \quad ; \quad \sum r'' = \begin{pmatrix} 9 \\ 13 \\ 7 \\ 5 \end{pmatrix} \quad ; \quad \sum r'' - \sum r' = \begin{pmatrix} 5 \\ 4 \\ -4 \\ -2 \end{pmatrix}$$

4. โดยประยุกต์ใช้กฎข้อที่ 1

$\sum r''_i - \sum r'_i \geq 0$ (↑) $\sum r'$ $\qquad$ $\sum r''_i - \sum r'_i < 0$ (↓) $\sum r''$

ชิ้นงาน 1 ทำการผลิตในลำดับแรก ชิ้นงาน 3 ทำการผลิตในลำดับสาม

ชิ้นงาน 2 ทำการผลิตในลำดับสอง ชิ้นงาน 4 ทำการผลิตในลำดับสุดท้าย

5. คำนวณหาระยะเวลาครบรอบการทำงานสะสม (Cumulative Cycle Time)

2 / 3 / 2 / 4 / 7 / 11

1 / 3 / 8 / 12 / 5 / 17

9 / 12 / 2 / 14 / 5 / 22

4 / 16 / 3 / 19 / 2 / 24

ฉนั้นระยะเวลาครบรอบการทำงานสะสมเท่ากับ 24 นาที

การหาลำดับของกลุ่ม (Group Sequence) ที่เหมาะสม

1. นำค่า Q มาใส่ในเมตริกซ์ A ด้วยขนาด 3 X 3

$$A = \begin{pmatrix} 14 & 18 & 26 \\ 18 & 18 & 18 \\ 20 & 20 & 23 \end{pmatrix}$$

2. แบ่งเมตริกซ์ ออกเป็นสองส่วน

$$T' = \begin{pmatrix} 14 & 18 \\ 10 & 10 \\ 20 & 20 \end{pmatrix} \qquad T'' = \begin{pmatrix} 18 & 26 \\ 10 & 10 \\ 20 & 23 \end{pmatrix}$$

3. บวกค่าของเมตริกซ์ในแต่ละแถว จากนั้นนำผลบวกของสองเมตริกซ์มาลบกัน

$$\sum T' = \begin{pmatrix} 32 \\ 20 \\ 40 \end{pmatrix} \; ; \; \sum T'' = \begin{pmatrix} 44 \\ 20 \\ 43 \end{pmatrix} \; ; \; \sum T'' - \sum T' = \begin{pmatrix} 12 \\ -8 \\ 3 \end{pmatrix}$$

4. โดยประยุกต์ใช้กฎข้อที่ 1

กลุ่มชิ้นงานที่ 1 ทำการผลิตในลำดับแรก

กลุ่มชิ้นงานที่ 3 ทำการผลิตในลำดับสอง

กลุ่มชิ้นงานที่ 2 ทำการผลิตในลำดับสุดท้าย

5. คำนวณหาระยะเวลาครบรอบการทำงานสะสม (Cumulative Cycle Time)

14 / 14 / 20 / 34 / 18 / 52

18 / 32 / 20 / 54 / 10 / 64

26 / 58 / 23 / 81 / 10 / 91

ฉนั้นระยะเวลาครบรอบการทำงานสะสมเท่ากับ 91 นาที

GROUP SEQUENCE	G_1	G_2	G_3
JOB SEQUENCE	J_{13} J_{11} J_{12}	J_{21} J_{22} J_{23} J_{24}	J_{31} J_{32}

MINIMIZATION OF TOTAL FLOW TIME

ตารางที่ 2 ลำดับของกลุ่ม และลำดับของงานที่เหมาะสม

ภาคผนวก ฉ.

แผนการกำหนดงานแก่เครื่องจักรภายในเซลล์

แผนการกำหนดงานแก่เครื่องจักรภายในเซลล์ (Machine Loading Plan for GT)

การพิจารณาเพื่อกำหนดงานให้แก่เครื่องจักร เป็นปัญหาใหญ่อันหนึ่งในด้านการวางแผนการผลิต การกำหนดงานเบื้องต้นให้แก่เครื่องจักรจะกำหนดจำนวนประเภทและปริมาณของงานซึ่งจะทำการปฏิบัติภายในขอบเขตความสามารถในการผลิตของเครื่องจักรที่กำลังพิจารณา และเพื่อที่จะทำการกำหนดการทำงานล่วงเวลาถ้ามีความจำเป็น ปัญหาเหล่านี้ได้ทำการตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ทางด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Technique) ฉนั้นวัตถุประสงค์ของการกำหนดงานแก่เครื่องจักร คือการกำหนดประเภทและปริมาณของชิ้นงานที่เหมาะสม เพื่อที่จะทำการผลิตภายในขอบเขตของเวลาที่กำหนด

1. นิยามปัญหาการกำหนดงานแก่เครื่องจักร

ในการพยายามที่จะสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) สำหรับการกำหนดงานแก่เครื่องจักรนั้น จะต้องทำการกำหนดเงื่อนไขต่างๆไว่ก่อน ดังต่อไปนี้

ก. เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ จะพิจารณาเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียวภายในเซลล์ คือเครื่องจักรหลัก (Key Machine) เวลาที่มีจำกัดของเครื่องจักรที่สามารถหาได้สำหรับทำการผลิตนี้ แสดงโดย d

ข. ชิ้นงานหรือชิ้นส่วนที่จะทำการผลิตจะจำแนกออกเป็น M กลุ่ม ดัชนีของกลุ่มแสดงโดย i (i = 1,2,3,.....,M) ในกลุ่มของชิ้นงานที่ i (G_i) จะประกอบด้วยประเภทชิ้นงานจำนวน N_i ชิ้น ดัชนีของชิ้นงานจะแสดงโดย j (j = 1,2,3,.....,N_i) และ $\sum_{i=1}^{M} N_i=N$ ซึ่งก็คือจำนวนของชิ้นงานทั้งหมดที่จะต้องทำการผลิต N ชิ้น

ค. เวลาการผลิตของกลุ่ม (Group Production Time) ประกอบด้วยเวลาเตรียมเครื่องของกลุ่ม และเวลาการผลิตของชิ้นงาน 1 ชิ้น คูณด้วยขนาดของรุ่นที่ทำการผลิต

ง. เวลาในการผลิตของชิ้นงาน 1 ชิ้น จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการปฏิบัติงานกับเครื่องจักรของคนงาน

2. แบบจำลองคณิตศาสตร์ของการกำหนดงานแก่เครื่องจักร

ก. เวลาการผลิตชิ้นงาน

เวลาการผลิตชิ้นงานหนึ่งหน่วย p_{ij} (นาที/ชิ้น) ของชิ้นงานที่ j (J_{ij}) ของกลุ่มที่ i (G_i) แสดงดังสมการที่ 1

$$p_{ij} = a_{ij} + t_{ij} \qquad (1)$$

$$i = 1,2,.....,M,\ j = 1,2,.....,N_i$$

a_{ij} : เวลาเตรียมชิ้นงาน (นาที / ชิ้น)

t_{ij} : เวลาทำงานที่แท้จริง (นาที / ชิ้น)

p_{ij} : เวลาการผลิตชิ้นงานหนึ่งหน่วย (นาที / ชิ้น)

เมื่อทำการผลิตชิ้นงาน J_{ij} ด้วยขนาดของรุ่น l_{ij} เวลาในการผลิตของชิ้นงาน J_{ij} ทั้งรุ่น คือ

$$P_{ij} = s_{ij} + l_{ij}.p_{ij} \qquad (2)$$

$$i = 1,2,.....,M,\ j = 1,2,.....N_i$$

s_{ij} : เวลาเตรียมเครื่องของ J_{ij} (นาที/รุ่น)

ข. เวลาการผลิตของกลุ่มเครื่องจักร (Group Production Time)

ในเมื่อเวลาการผลิตของชิ้นงานทั้งรุ่น J_{ij} (สมการที่ 2) สมมุติว่าเวลาเตรียมเครื่องสำหรับการผลิตของกลุ่มสำหรับ J_{ij} คือ S_i เวลาการผลิตของกลุ่ม G_i คือ

$$Q_i = S_i + P_i$$
$$P_i = \sum_{j=1}^{N_j} p_{ij} \qquad i = 1,2,.....,M$$
$$S_i = \sum_{j=1}^{N_j} S_{ij} \qquad (3)$$

Q_i : เวลาการผลิตของกลุ่มชิ้นงาน (นาที)

S_i : เวลาเตรียมเครื่องของกลุ่มชิ้นงาน (นาที)

ค. สมการเป้าหมายและเงื่อนไข (Objective Function & Constraint)

โดยใช้ตัวแปรแบบ 0-1 , x_{ij} ; $j = 1,2,.....,N_i$

$i = 1,2,.....,M$

นั่นคือ $x_{ij} = 1$ เมื่อ J_{ij} ชิ้นส่วน j ในกลุ่ม G_i ถูกเลือกเพื่อทำการผลิต

และ $x_{ij} = 0$ เมื่อชิ้นส่วนไม่ถูกเลือกเพื่อทำการผลิต และจะต้องไม่ละเมิดสมการเงื่อนไขนี้

$$\sum_{i=1}^{M}\left(\sum_{j=1}^{N_i} P_{ij}.x_{ij} + S_i \cdot X_i \right) \leqslant d \qquad (4)$$

ที่

$$X_i = \begin{cases} 0 & \text{ถ้า } \sum_{j=1}^{N_i} x_{ij} = 0 \\ 1 & \text{ถ้า } \sum_{j=1}^{N_i} x_{ij} \geqslant 1 \end{cases} \qquad (5)$$

เพื่อที่จะทำการผลิตชิ้นส่วนให้มากที่สุด ภายในช่วงเวลาที่กำหนด d ฉนั้นสมการเป้าหมายคือ

$$\text{Max. } Z = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N_i} l_{ij} \cdot x_{ij} \qquad (6)$$

3. <u>ลำดับขั้นตอนการกำหนดงานแก่เครื่องจักร</u>

การกำหนดงานแก่เครื่องจักรสำหรับเทคโนโลยีการจัดกลุ่มนั้น เพื่อที่จะทำให้สมการ (6) มีค่ามากที่สุด โดยที่จะต้องไม่ละเมิดเงื่อนไขสมการ (4) และ (5) ค่า Z จะมีค่ามากที่สุดต่อเมื่อ x_{ij} ทุกค่ามีค่าเท่ากับ 1 นั่นคือ

$$Z_{max} = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N_i} l_{ij} \qquad (7)$$

รูปแบบคณิตศาสตร์ที่กล่าวมานั้นเป็นลักษณะการโปรแกรมเส้นตรงประเภท 0-1 (0-1 Type Linear Programming) และวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมของปัญหาเหล่านี้สามารถใช้วิธี Branch-and-Bound แต่วิธีทาง heuristic อาจจะนำมาใช้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่ามากซึ่งสามารถให้ผลลัพธ์เข้าใกล้ค่าที่เหมาะสม (Near Optimal) ลำดับขั้นตอนของการดำเนินการแก้ปัญหานั้น ขั้นตอนแรก คำนวณอัตราการผลิตหรืออัตรากำไรสำหรับงานแต่ละงานที่ยังไม่ได้ตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธที่จะทำการผลิตในช่วงเวลาที่กำหนด ขั้นตอนที่สอง เลือกงานเพื่อที่จะทำการผลิตให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในช่วงเวลาการผลิตที่มีจำกัด เพื่อให้อัตราการผลิตหรือกำไรมากที่สุด โดยที่ P_{ij} คือเวลาการผลิตชิ้นงานทุกขั้นตอนการผลิตในกลุ่มชิ้นงาน i (นาที/รุ่น)

- อัตราการผลิตกำหนดให้มีค่าเท่ากับ $pt_{ij} = 1/P_{ij}$
- อัตรากำไรกำหนดให้มีค่าเท่ากับ $r_{ij} = R_{ij}/P_{ij}$

$$P_{ij} = \begin{cases} S_i + p_{ij} & \text{ถ้า } x_i = 0 \text{ ชิ้นงานในกลุ่ม } G_i \text{ ยังไม่ได้มีการยอมรับเพื่อทำการผลิตมาก่อน} \\ p_{ij} & \text{ถ้า } x_i = 1 \text{ ชิ้นงานในกลุ่ม } G_i \text{ อย่างน้อย 1 ชิ้น ถูกยอมรับเพื่อทำการผลิตมาก่อนหน้านี้} \end{cases}$$

GROUP	G_1			G_2				G_3			
JOB J_{ij}	S_1	J_{11}	J_{12}	S_2	J_{21}	J_{22}	J_{23}	S_3	J_{31}	J_{32}	J_{33}
SET UP TIME PROCESSING TIME	5	5	7	3	2	4	3	10	2	1	9
PROFIT		5	14		3	2	8		2	4	3

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานและกำไรที่ได้จากการผลิตของชิ้นงาน

ตัวอย่างการคำนวณ ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเตรียมเครื่องของกลุ่ม และเวลาในการผลิตของชิ้นงานแต่ละชิ้น ของกลุ่มชิ้นงาน 3 กลุ่ม ซึ่งมีชิ้นงานรวมทั้งหมด 8 ชิ้น แสดงในตารางที่ 1 วิธีการที่จะได้รับ ผลลัพธ์ที่มีค่าใกล้ค่าที่เหมาะสม (Near-Optimal) เพื่อให้อัตราการผลิตหรือกำไรรวมมีค่ามากที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดของเวลาที่สามารถหาได้สำหรับทำการผลิต 40 ชั่วโมง การดำเนินการแสดงดังต่อไปนี้

1. คำนวณเวลาการผลิต P_{ij} อัตราการผลิต pt_{ij} และอัตรากำไร R_{ij} ของงานแต่ละงาน สำหรับค่า $x_{ij} = 0$ และ 1 แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เวลาการผลิต อัตราการผลิต อัตรากำไร ของงานแต่ละงาน

GROUP		G_1		G_2			G_3			ROW No.
JOB		J_{11}	J_{12}	J_{21}	J_{22}	J_{23}	J_{31}	J_{32}	J_{33}	
PRODUCTION TIME	$x_i=0$	12	13	5	7	6	12	11	19	1
	$X_i=1$	5	7	2	4	3	2	1	9	2
PRODUCTION RATE	$x_i=0$	0.1	0.08	0.2	0.14	0.17	0.08	0.09	0.05	3
	$X_i=1$	0.2	0.14	0.5	0.25	0.33	0.5	1	0.11	4
PROFIT RATE	$x_i=0$	0.5	1.2	0.6	0.29	1.33	0.17	0.36	0.16	5
	$X_i=1$	1	2	1.5	0.5	2.67	1	4	0.33	6
COLUMN No.		1	2	3	4	5	6	7	8	

2. อัตราการผลิตสูงสุด (Production Rate Maximization)

ขั้นตอนที่ 1 เลือกอัตราการผลิตของชิ้นงานที่มีค่ามากที่สุดในแถวที่ 3 ของตารางที่ 2 โดยนำหมายเลขและเวลาการผลิตของชิ้นงานเหล่านั้น ไปใส่ในตารางที่ 3 เรียงตามลำดับค่าอัตราการผลิตจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด (ถ้าเลือกชิ้นงานหมดแล้ว หยุด)

ขั้นตอนที่ 2 ลบค่าของชิ้นงานที่ได้เลือกแล้วในขั้นตอนที่ 1 ในแถวที่ 4 ของตารางที่ 2 ออก และชิ้นงานที่อยู่ในกลุ่มเดียวกับมันในแถวที่ 3 ออกด้วย

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าเวลาที่สามารถใช้ในการผลิตเหลืออยู่ D โดยการนำค่าเวลในการผลิตของแถวที่ 1 ของชิ้นงานที่ได้เลือกไว้แล้ว ไปลบออกจากเวลาที่เหลืออยู่ (ตอนเริ่มต้นค่า D=40) ตารางที่ 3 แสดงการแก้ปัญหานี้

STEP ▶	1		3
STAGE ▼	SELECTED JOB	PRODUCTION TIME	REMAINING TIME
0	J_{21}	-	40
1	J_{23}	5	35
2	J_{22}	3	32
3	J_{11}	4	28
4	J_{12}	10	18
5	J_{33}	7	11
6		11	0
7			

ตารางที่ 3 แผนการกำหนดงานที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด

3. กำไรมากที่สุด (Profit Maximization)

วิธีการแก้ปัญหาเหมือนข้อ 2 (อัตราการผลิตสูงสุด) เพียงแต่เปลี่ยนข้อมูลในแถวที่ 3 และ 4 เป็นแถวที่ 5 และ 6 แทน (ตารางที่ 4)

STEP ▶	1		3
STAGE ▼	SELECTED JOB	PRODUCTION TIME	REMAINING TIME
0		-	40
1	J_{23}	6	34
2	J_{21}	2	32
3	J_{12}	12	20
4	J_{11}	5	15
5	J_{22}	4	11
6	J_{33}	11	0
7			

ตารางที่ 4 แผนการกำหนดงานที่ให้กำไรมากที่สุด

ประวัติผู้เขียน

ข้าพเจ้า นายจิระศักดิ์ เจริญสุข เกิดเมื่อวันที่ 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2503 สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี จากคณะวิศวกรรมศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สาขาวิชาเทคโนโลยีชนถ่ายวัสดุ