ภาคผนวก ก
กฎในการเลือกกระบวนการผลิต

กฎที่	รูปแบบทั่วไป		รูปแบบ OAV		หมายเหตุ
	เงื่อนไข	ข้อสรุป	IF	THEN	
1	ชิ้นงานยังไม่ได้ผ่านกระบวนการใด ๆ เลย	ขั้นตอนต่อไปคือ กระบวนการตัดหยาบ	(identified machining-op = no)	(identified machining-op = ตัดหยาบ)	เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ทุกชิ้น
2	ชิ้นงานได้ผ่านเพียงกระบวนการตัดหยาบ และมีขนาดความกว้างตั้งแต่ 20 มม. ถึง 200 มม.	ขั้นตอนต่อไปคือ กระบวนการไสสี่หน้า	(identified machining-op = ตัดหยาบ) (width part <= 200) (width part >= 20)	(identified machining-op = ไสสี่หน้า)	ไสเพื่อปรับขนาดความกว้างและความหนาของไม้ให้สม่ำเสมอกันตลอดทั้งชิ้น
3	ชิ้นงานมีรูปร่างตรง มีหน้าตัดเป็นแบบผสม ชิ้นส่วนนี้ได้ผ่านเพียงกระบวนการตัดหยาบ และไม้ต้องการเพลาะไม้	ขั้นตอนต่อไปคือ กระบวนการไสสี่หน้าขึ้นรูป	(shape part = ตรง) (cross-section part = ผสม) (identified machining-op = ตัดหยาบ) (required machining-op = ไม่เพลาะ)	(identified machining-op = ไสสี่หน้าขึ้นรูป)	ไสปรับขนาดไม้พร้อมกับขึ้นรูปทรงของไม้
4	ชิ้นงานมีรูปร่างตรง มีหน้าตัดเป็นแบบผสม และผ่านกระบวนการล่าสุดคือ ไสสองหน้าหลังเพลาะ	ขั้นตอนต่อไปคือ กระบวนการไสสี่หน้าขึ้นรูป	(shape part = ตรง) (cross-section part = ผสม) (identified machining-op = ไสสองหน้าหลังเพลาะ)	(identified machining-op = ไสสี่หน้าขึ้นรูป)	ไสปรับขนาดไม้พร้อมกับขึ้นรูปทรงของไม้
5	ชิ้นงานที่จะต้องเพลาะและกระบวนการล่าสุดคือการไสสี่หน้า	ขั้นตอนต่อไปคือ กระบวนการแซนดิ้งเพลาะ	(required machining-op = เพลาะ) (identified machining-op = ไสสี่หน้า)	(identified machining-op = แซนดิ้งเพลาะ)	ขัดผิวไม้ก่อนการเพลาะเพื่อให้ไม้ที่ต้องการจะเพลาะประสานติดกันได้ดีขึ้น ไม่เกิดการแตกหักง่าย

กฎที่	รูปแบบทั่วไป		รูปแบบ OAV		หมายเหตุ
	เงื่อนไข	ข้อสรุป	IF	THEN	
6	ชิ้นงานที่จะต้องเพลาะและผ่านกระบวนการล่าสุดคือ แซนดิ้งเพลาะ	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเพลาะไม้	(required machining-op = เพลาะ) (identified machining-op = แซนดิ้งเพลาะ)	(identified machining-op = เพลาะ)	เพลาะไม้เพื่อเพิ่มขนาดของวัตถุดิบหรือเพื่อต้องการประหยัดไม้ ทำให้ได้ไม้ขนาดใหญ่ที่สามารถตัดออกเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ที่ต้องขึ้นรูปโค้ง
7	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือการเพลาะ และมีขนาดความกว้าง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1,260 มม. ความหนาตั้งแต่ 3 มม. ถึง 142 มม.	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการไสสองหน้า	(identified machining-op = เพลาะ) (width part <= 1260) (width part > 10) (thickness part <= 142) (thickness part >= 3)	(identified machining-op = ไสสองหน้าหลังเพลาะ)	ไสหน้าไม้หลังจากการเพลาะเพื่อทำให้หน้าไม้เรียบและกำจัดรอยกาว
8	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือ ไสสองหน้าหลังเพลาะ และมีความกว้างระหว่าง 300 มม. ถึง 1ม260 มม. ความหนาระหว่าง 3 มม. ถึง 142 มม. รูปร่างชิ้นงานเป็นแบบตรง และหน้าตัดเป็นแบบสี่เหลี่ยม	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการแซนดิ้งละเอียด	(identified machining-op = ไสสองหน้าหลังเพลาะ) (width part <= 1260) (width part > 300) (thickness part <= 142) (thickness part >= 3) (shape part = ตรง) (cross-section part = สี่เหลี่ยม)	(identified machining-op = แซนดิ้งละเอียด)	ทำการปรับขนาดให้เท่ากับขนาดสำเร็จมากที่สุด

กฎที่	รูปแบบทั่วไป		รูปแบบ OAV		หมายเหตุ
	เงื่อนไข	ข้อสรุป	IF	THEN	
9	ต้องการชิ้นงานที่มีรูปร่างโค้งและผ่านกระบวนการล่าสุดคือการไสสี่หน้า	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการวาดแบบ	(shape part = โค้ง) (identified machining-op = ไสสี่หน้า)	(identified machining-op = วาดแบบ)	วาดแบบรูปร่างที่ต้องการลงบนไม้
10	ต้องการชิ้นงานที่มีรูปร่างโค้งและผ่านกระบวนการล่าสุดคือไสสองหน้าหลังเพลาะ	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการวาดแบบ	(shape part = โค้ง) (identified machining-op = ไสสองหน้าหลังเพลาะ)	(identified machining-op = วาดแบบ)	วาดแบบรูปร่างที่ต้องการลงบนไม้
11	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือการวาดแบบ	ขั้นตอนต่อไปคือคว้าน	(identified machining-op = วาดแบบ)	(identified machining-op = คว้าน)	ทำการตัดตามรูปร่างนั้น ๆ (คว้าน)
12	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือคว้านและหน้าตัดเป็นแบบผสม มีความหนาน้อยกว่า 200 มม.	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเพลาตั้งขึ้นรูป	(identified machining-op = คว้าน) (cross-section part = ผสม) (thickness part <= 200)	(identified machining-op = เพลาตั้งขึ้นรูป)	ทำการขึ้นรูปไม้ด้วยเครื่องเพลาตั้งเพื่อให้ได้ที่มีลักษณะโค้งและ/หรือรูปร่างต่าง ๆ
13	ชิ้นงานผ่านกระบวนการไสสี่หน้าและต้องการทำร่องสั้นด้านข้าง	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเพลาตั้งทำร่อง	(required part = ร่องสั้นด้านข้าง) (identified machining-op = ไสสี่หน้า)	(identified machining-op = เพลาตั้งทำร่อง)	ใช้เครื่องเพลาตั้งสำหรับการทำร่องสั้นด้านข้าง
14	ชิ้นงานผ่านกระบวนการเพลาตั้งขึ้นรูปและต้องการทำร่องสั้นด้านข้าง	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเพลาตั้งทำร่อง	(required part = ร่องสั้นด้านข้าง) (identified machining-op = เพลาตั้งขึ้นรูป)	(identified machining-op = เพลาตั้งทำร่อง)	ใช้เครื่องเพลาตั้งสำหรับการทำร่องสั้นด้านข้าง

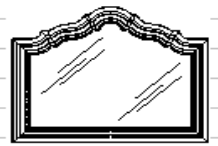
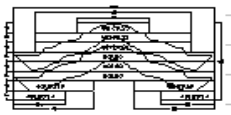
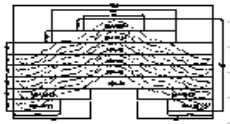
กฎที่	รูปแบบทั่วไป		รูปแบบ OAV		หมายเหตุ
	เงื่อนไข	ข้อสรุป	IF	THEN	
15	ชิ้นงานผ่านกระบวนการตัดหยาบ มีรูปร่างตรง และต้องการทำร่องยาวด้านข้าง	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเพลาตั้งทำร่อง	(required part = ร่องยาวด้านข้าง) (identified machining-op = ไสสี่หน้า) (shape part = ตรง)	(identified machining-op = เพลาตั้งทำร่อง)	ใช้เครื่องเพลาตั้งทำร่องตลอดแนวไม้ เช่นการทำบังใบ
16	ชิ้นงานผ่านกระบวนการวาดแบบและคว้าน มีรูปร่างชิ้นงานโค้ง และต้องการทำร่องยาวด้านข้าง	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเพลาตั้งทำร่อง	(required part = ร่องยาวด้านข้าง) (identified machining-op = เพลาตั้งขึ้นรูป) (shape part = โค้ง)	(identified machining-op = เพลาตั้งทำร่อง)	ใช้เครื่องเพลาตั้งทำร่องตลอดแนวไม้ เช่นการทำบังใบ
17	ชิ้นงานผ่านกระบวนการเพลาตั้งขึ้นรูปและต้องการลบเหลี่ยมมุมไม้	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเราเตอร์ลบมุม	(required part = ลบมุม) (identified machining-op = เพลาตั้งขึ้นรูป)	(identified machining-op = เราเตอร์ลบมุม)	ใช้เครื่องเราเตอร์สำหรับการลบมุม
18	ชิ้นงานผ่านกระบวนการเพลาตั้งขึ้นรูปและต้องการทำร่องบนผิวไม้	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเราเตอร์เซาะร่อง	(required part = ร่องด้านบน) (identified machining-op = เพลาตั้งขึ้นรูป)	(identified machining-op = เราเตอร์เซาะร่อง)	ใช้เครื่องเราเตอร์สำหรับการทำร่อง
19	ชิ้นงานที่จะทำหลุมและได้ผ่านกระบวนการไสสี่หน้ามาแล้ว	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเราเตอร์ทำหลุม	(required part = หลุม) (identified machining-op = ไสสี่หน้า)	(identified machining-op = เราเตอร์ทำหลุม)	ใช้เครื่องเราเตอร์สำหรับการทำหลุม

กฎที่	รูปแบบทั่วไป		รูปแบบ OAV		หมายเหตุ
	เงื่อนไข	ข้อสรุป	IF	THEN	
20	ชิ้นงานที่จะทำหลุม และผ่านกระบวนการเพลาตั้งขึ้นรูป	ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเราเตอร์ทำหลุม	(required part = หลุม) (identified machining-op = เพลาตั้งขึ้นรูป)	(identified machining-op = เราเตอร์ทำหลุม)	ใช้เครื่องเราเตอร์สำหรับทำหลุม
21	ชิ้นงานผ่านกระบวนการเราเตอร์ลบมุมแล้ว และไม่มีลักษณะพิเศษใดที่จะต้องทำเพิ่มเติม	ขั้นตอนต่อไปคือการตัดองศา	(identified machining-op = เราเตอร์ลบมุม)	(identified machining-op = ตัดองศา)	ทำการตัดด้านข้างของชิ้นงานให้ได้องศาที่ต้องการเพื่อนำไปประกอบเข้ากับชิ้นงานอื่น
22	ชิ้นงานผ่านกระบวนการเราเตอร์ทำร่องแล้ว และไม่มีลักษณะพิเศษใดที่จะต้องทำเพิ่มเติม	ขั้นตอนต่อไปคือการตัดองศา	(identified machining-op = เราเตอร์ทำร่อง)	(identified machining-op = ตัดองศา)	ทำการตัดด้านข้างของชิ้นงานให้ได้องศาที่ต้องการเพื่อนำไปประกอบเข้ากับชิ้นงานอื่น
23	ชิ้นงานผ่านกระบวนการเราเตอร์ทำหลุมแล้ว และไม่มีลักษณะพิเศษใดที่จะต้องทำเพิ่มเติม	ขั้นตอนต่อไปคือการตัดองศา	(identified machining-op = เราเตอร์ทำหลุม)	(identified machining-op = ตัดองศา)	ทำการตัดด้านข้างของชิ้นงานให้ได้องศาที่ต้องการเพื่อนำไปประกอบเข้ากับชิ้นงานอื่น
24	ชิ้นงานผ่านกระบวนการไสสี่หน้าแล้ว และไม่มีกระบวนการขึ้นรูปแบบอื่นที่จะต้องทำเพิ่มเติม	ขั้นตอนต่อไปคือการตัดองศา	(identified machining-op = ไสสี่หน้า)	(identified machining-op = ตัดองศา)	ทำการตัดด้านข้างของชิ้นงานให้ได้องศาที่ต้องการเพื่อนำไปประกอบเข้ากับชิ้นงานอื่น
25	ชิ้นงานผ่านกระบวนการไสสี่หน้าขึ้นรูปแล้ว และไม่มีกระบวนการขึ้นรูปแบบอื่นที่จะต้องทำเพิ่มเติม	ขั้นตอนต่อไปคือการตัดองศา	(identified machining-op = ไสสี่หน้าขึ้นรูป)	(identified machining-op = ตัดองศา)	ทำการตัดด้านข้างของชิ้นงานให้ได้องศาที่ต้องการเพื่อนำไปประกอบเข้ากับชิ้นงานอื่น
26	ชิ้นงานผ่านกระบวนการตัดองศาซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการขึ้นรูปไม้ และต้องการประกอบชิ้นส่วนด้วยไม้เดือย	ขั้นตอนต่อไปคือการเจาะรูปไข่	(identified machining-op = ตัดองศา) (assembly part = ไม้เดือย)	(identified machining-op = เจาะรูปไข่)	ทำการเจาะไม้เป็นรูปไข่ ทางด้านปลายไม้ เพื่อนำไม้เดือยรูปไข่มาใส่ก่อนประกอบชิ้นส่วน

กฎที่	รูปแบบทั่วไป		รูปแบบ OAV		หมายเหตุ
	เงื่อนไข	ข้อสรุป	IF	THEN	
27	ชิ้นงานผ่านกระบวนการตัดองศาซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการขึ้นรูปไม้ และต้องการประกอบชิ้นส่วนด้วยสกรู	ขั้นตอนต่อไปคือ การเจาะดิ่ง-นอน	(identified machining-op = ตัดองศา) (assembly part = สกรู)	(identified machining-op = เจาะดิ่ง-นอน)	ทำการเจาะไม้ เพื่อใส่สกรูเป็นตัวยึดชิ้นส่วน
28	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือ การเจาะรูปไข่ ชิ้นงานทีรูปร่างตรง และหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยม	ขั้นตอนต่อไปคือ การขัดสามเหลี่ยม	(identified machining-op = เจาะรูปไข่) (shape part = ตรง) (cross-section part = สี่เหลี่ยม)	(identified machining-op = ขัดสามเหลี่ยม)	หลังจากเจาะแล้วจะทำการขัดเพื่อตกแต่งผิวชิ้นงาน สำหรับชิ้นงานที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจะใช้เครื่องขัดสามเหลี่ยม
29	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือ การเจาะรูปไข่ ชิ้นงานทีรูปร่างโค้ง และหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยม	ขั้นตอนต่อไปคือ การขัดสามเหลี่ยม	(identified machining-op = เจาะรูปไข่) (shape part = โค้ง) (cross-section part = สี่เหลี่ยม)	(identified machining-op = ขัดสามเหลี่ยม)	ทำการขัดเพื่อตกแต่งผิวชิ้นงาน สำหรับชิ้นงานที่เป็นรูปร่างโค้ง และหน้าตัดสี่เหลี่ยม จะใช้เครื่องขัดสามเหลี่ยม
30	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือ การเจาะรูปไข่ ชิ้นงานทีรูปร่างตรง และหน้าตัดเป็นแบบผสม	ขั้นตอนต่อไปคือ การปัด 2 หัว	(identified machining-op = เจาะรูปไข่) (shape part = ตรง) (cross-section part = ผสม)	(identified machining-op = ปัด2หัว)	หลังจากเจาะแล้วจะทำการขัดเพื่อตกแต่งผิวชิ้นงาน สำหรับชิ้นงานที่มีหน้าตัดแบบผสม จะใช้เครื่องปัด 2 หัว
31	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือ การเจาะรูปไข่ ชิ้นงานทีรูปร่างโค้ง และหน้าตัดเป็นแบบผสม	ขั้นตอนต่อไปคือ การปัด 2 หัว	(identified machining-op = เจาะรูปไข่) (shape part = โค้ง) (cross-section part = ผสม)	(identified machining-op = ปัด2หัว)	หลังจากเจาะแล้วจะทำการขัดเพื่อตกแต่งผิวชิ้นงาน สำหรับชิ้นงานที่มีหน้าตัดแบบผสม จะใช้เครื่องปัด 2 หัว
32	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือ สามเหลี่ยม	ขั้นตอนต่อไปคือ การขัดบัวนิ่ม	(identified machining-op = ขัดสามเหลี่ยม)	(identified machining-op = ขัดบัวนิ่ม)	ขัดตกแต่งความเรียบร้อยของผิวชิ้นงานในส่วนที่เครื่องขัดก่อนหน้าไม่สามารถขัดได้

กฎที่	รูปแบบทั่วไป		รูปแบบ OAV		หมายเหตุ
	เงื่อนไข	ข้อสรุป	IF	THEN	
33	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือ การปัด 2 หัว	ขั้นตอนต่อไปคือ การขัดบัวนิ่ม	(identified machining-op = ปัด2หัว)	(identified machining-op = ขัดบัวนิ่ม)	ขัดตกแต่งความเรียบร้อยของผิวชิ้นงานในส่วนที่เครื่องขัดก่อนหน้าไม่สามารถขัดได้
34	ชิ้นงานผ่านกระบวนการล่าสุดคือ การขัดบัวนิ่ม	ขั้นตอนต่อไปคือ การขัดตกแต่ง	(identified machining-op = ขัดบัวนิ่ม)	(identified machining-op = ขัดตกแต่ง)	ขัดตกแต่งเป็นการขัดตรวจสอบผิวชิ้นงานในขั้นตอนสุดท้ายก่อนการส่งไปประกอบชิ้นส่วนในอาคารประกอบชิ้นส่วน ซึ่งถือว่าเป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการสำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญ
35	สำหรับชิ้นงานที่วัตถุดิบคือ แผ่นไม้อัด ชิ้นงานมีรูปร่างตรง และยังไม่ได้ผ่านกระบวนการใด ๆ	ขั้นตอนต่อไปคือ การตัดบอร์ด	(identified machining-op = no) (shape part = ตรง)	(identified machining-op = ตัดบอร์ด)	ทำการตัดแผ่นไม้อัดเพื่อทำตัวปิดหลังกระจก สำหรับกระจกที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยม
36	สำหรับชิ้นงานที่วัตถุดิบคือ แผ่นไม้อัด ชิ้นงานมีรูปร่างโค้ง และยังไม่ได้ผ่านกระบวนการใด ๆ	ขั้นตอนต่อไปคือ การตัด NC	(identified machining-op = ตัดบอร์ด) (shape part = โค้ง)	(identified machining-op = ตัด-NC)	ทำการตัดแผ่นไม้อัดเพื่อทำตัวปิดหลังกระจก สำหรับกระจกที่มีรูปร่างโค้ง จะใช้เครื่องตัด NC ตัดแผ่นไม้ให้ได้รูปร่างที่ต้องการ

ภาคผนวก ข
ตารางแสดงขนาดวัตถุดิบ

ตารางแสดงขนาดวัตถุดิบ ฝ่ายวิศวกรรมการผลิต 205-331	#	ชื่อชิ้นส่วน	ชนิดไม้	คุณภาพไม้	ตัดหยาบ			ขนาดไส		แยกชิ้น / ตัดละเอียด			ขนาดสำเร็จ			จำนวนต่อตัว		ปริมาตร	หมายเหตุ
					หนา (นิ้ว)	กว้าง (นิ้ว)	ยาว (ซม.)	หนา (มม.)	กว้าง (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)	ชิ้นส่วน	ชิ้นไม้	(ลบ.ฟุต)	
Landscape Mirror																			
	01.20	เฟรมกระจกบน	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	2.5	3	95	57	350							1	2.00	0.3283	ใช้ 2 เพลาะรวมกัน
	01.20.S1	เฟรมกระจกบน1	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	2.5	3	50										2.00	0.1710	ใช้ 2 5:1 คว้าน 1
	01.20.S2	เฟรมกระจกบน2	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	2.5	3	45										1.00	0.0770	ใช้ 1
	01.20.S3	เฟรมกระจกบน3	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	2.5	3	33										2.00	0.1129	ใช้ 2
	01.30	เฟรมกระจกล่าง	ไม้ MARUPA เพลาะ	1-2-3-4	2.5	3	125	57	114							1	1.00	0.2138	ใช้ 1 เพลาะรวมกัน 2:1 ไสขึ้นรูป
	01.30.S1	เฟรมกระจกล่าง1	ไม้ MARUPA เพลาะ	1-2-3-4	2	3	125										1.00	0.1710	ใช้ 1
	01.40	เฟรมกระจกข้าง	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	2.5	3	83	57	114							2	2.00	0.2838	ใช้ 1 เพลาะรวมกัน 2:1 ไสขึ้นรูป
	01.40.S1	เฟรมกระจกข้าง1	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	2	3	83										2.00	0.2271	ใช้ 1
	04.20	ดิ้วประดับเฟรมกระจกบน	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	1	3	100	21	560	20			20			1	0.80	0.0595	ใช้ 4 เพลาะรวมกัน
	04.20.S1	ดิ้วประดับเฟรมกระจกบน1	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	1	3	68										0.20	0.0083	ใช้ 1 8:1 คว้าน 1=5
	04.20.S2	ดิ้วประดับเฟรมกระจกบน2	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	1	3	42										0.40	0.0115	ใช้ 2
01.20 เฟรมกระจกบน	04.20.S3	ดิ้วประดับเฟรมกระจกบน3	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	1	3	25										0.40	0.0068	ใช้ 2
	04.20.S4	ดิ้วประดับเฟรมกระจกบน4	ไม้ยางเพลาะ	1-2-3-4	1	3	30										0.20	0.0041	ใช้ 1
	07.10	ปิดหลังกระจก	H.B. 3 MM. (4x8)		3	900	1000			3	880	1000	3	880	1000	1	1.00		ที NC ด้านบนด้านเดียว
01.30 เฟรมกระจกล่าง																			
01.40 เฟรมกระจกข้าง																			
																			
04.40 ดิ้วประดับเฟรมกระจกบน																			
หมายเหตุ :																			
1. ชิ้นงานไม้ประกอบ : ไม้ยางเรียบ , ไม้ยางเรียบเพลาะ และไม้ยางเพลาะเรียบ ความหนา- กว้าง - ยาว หมายเหตุ มม. = มม. = มม.																	รวมปริมาตร	1.6763	
																	ไม้ MARUPA	0.3848	
2. ค่าเผื่อขนาดไสด้านหนา , กว้าง + 0.2 มิลลิเมตร																	ไม้ยาง	1.2915	
3. ค่าเผื่อด้านความยาวขนาดชิ้นละเอียด + 1 มิลลิเมตร																			
4. ค่าเผื่อด้านความยาวขนาดหยาบ ไม่คำการขนาดหยาบ																			

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างขั้นตอนการผลิต

Product_Name	Op_Number	Op_Name	thick	width	length	Op_Qty	Part_no	Part_name	Setup	Operation_Time	Batch_Processing	End_Offset	Resource_Group	Secondary_Resource1	Quanity1	Usage1	Aux_Attr_Seven
205-331	005.01.01.01	ตัดหยาบ	2.5	3	96	2	01.20	เฟรมกระจกบน		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.01.01	ไส(5,6 หัว)	62	71		2	01.20	เฟรมกระจกบน	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16″),2หน้า(24″)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.01.01	แชนดิ้งเพลาะ		70		2	01.20	เฟรมกระจกบน		0.15			แชนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	030.01.01.01	เพลาะรวม(5:1)				1	01.20	เฟรมกระจกบน		0.50			เพลาะ-ปากกา(1-4)				L4
205-331	040.01.01	ไส(2 หน้า อ.เก้าอี้)	57			1	01.20	เฟรมกระจกบน	10	0.15		240	ไส-2หน้า เก้าอี้ (D084B01)				1
205-331	050.01.01	วาดแบบ				1	01.20	เฟรมกระจกบน		2		-30	แผนกวาดแบบ-เก้าอี้				1
205-331	060.01.01	ควั่น				1	01.20	เฟรมกระจกบน		0.50		-30	ควั่น-เก้าอี้				1
205-331	070.01.01	เพลาตั้ง(รอบ 1)				1	01.20	เฟรมกระจกบน	30	0.50		-30	เพลาตั้ง 1หัว,2หัว-เก้าอี้ (D035B04,D036B01-B08)				1
205-331	080.01.01	เพลาตั้ง(รอบ 2)				1	01.20	เฟรมกระจกบน	30	0.50		-30	เพลาตั้ง 1หัว,2หัว-เก้าอี้ (D035B04,D036B01-B08)				1
205-331	090.01.01	เพลาตั้ง(รอบ 3)				1	01.20	เฟรมกระจกบน	30	0.50		-30	เพลาตั้ง 1หัว,2หัว-เก้าอี้ (D035B04,D036B01-B08)				1
205-331	100.01.01	เพลาตั้ง(รอบ 4)				1	01.20	เฟรมกระจกบน	30	0.50		-30	เพลาตั้ง 1หัว,2หัว-เก้าอี้ (D035B04,D036B01-B08)				1
205-331	110.01.01	ตัด(องศา)				1	01.20	เฟรมกระจกบน	10	0.30		-30	ตัดละเอียด-เก้าอี้				1
205-331	130.01.01	เจาะรูปใข่(2 หัว)				1	01.20	เฟรมกระจกบน	10	0.30		-30	เจาะรูปใข่-เก้าอี้				1
205-331	140.01.01	เจาะดิ้ง(2 หัว)				1	01.20	เฟรมกระจกบน	10	0.30		-30	เจาะรูปใข่-เก้าอี้				1
205-331	150.01.01	ปัด 2 หัว				1	01.20	เฟรมกระจกบน		2		-30	แผนกขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	พนักงานขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	4	All	2
205-331	160.01.01	ขัดชิ้นส่วน				1	01.20	เฟรมกระจกบน		2		-30	แผนกขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	พนักงานขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	2	All	2

Product_Name	Op_Number	Op_Name	thick	width	length	Op_Qty	Part_no	Part_name	Setup	Operation_Time	Batch_Processing	End_Offset	Resource_Group	Secondary_Resource1	Quantity1	Usage1	Aux_Attr_Seven
205-331	170.01.01	ขัดบัวนิ่ม				1	01.20	เฟรมกระจกบน		1		-30	แผนกขัดบัวนิ่ม-เก้าอี้	พนักงานขัดบัวนิ่ม-เก้าอี้	4	All	2
205-331	005.01.01.02	ตัดหยาบ	2.5	3	50	2	01.20.S1	เฟรมกระจกบน1		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.01.02	ไส(5,6 หัว)	62	71		2	01.20.S1	เฟรมกระจกบน1	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16″),2หน้า(24″)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.01.02	แซนดิ้งเพลาะ		70		2	01.20.S1	เฟรมกระจกบน1		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	005.01.01.03	ตัดหยาบ	2.5	3	45	1	01.20.S2	เฟรมกระจกบน2		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.01.03	ไส(5,6 หัว)	62	71		1	01.20.S2	เฟรมกระจกบน2	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16″),2หน้า(24″)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.01.03	แซนดิ้งเพลาะ		70.5		1	01.20.S2	เฟรมกระจกบน2		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	005.01.01.04	ตัดหยาบ	2.5	3	33	2	01.20.S3	เฟรมกระจกบน3		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.01.04	ไส(5,6 หัว)	62	71		2	01.20.S3	เฟรมกระจกบน3	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16″),2หน้า(24″)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.01.04	แซนดิ้งเพลาะ		70.5		2	01.20.S3	เฟรมกระจกบน3		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	005.01.02.01	ตัดหยาบ	2.5	3	125	1	01.30	เฟรมกระจกล่าง		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.02.01	ไส(5,6 หัว รอบ 1)	58	67		1	01.30	เฟรมกระจกล่าง	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16″),2หน้า(24″)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.02.01	แซนดิ้งเพลาะ	57.5			1	01.30	เฟรมกระจกล่าง		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	030.01.02	เพลาะรวม(2:1)				1	01.30	เฟรมกระจกล่าง		0.50			เพลาะ-ปากกา(1-4)				L4
205-331	040.01.02	ไส(5,6 หัว รอบ 2)	114	60		1	01.30	เฟรมกระจกล่าง	10	0.15		240	ไส-5,6,2หน้า(16″),2หน้า(24″)เก้าอี้				L4
205-331	050.01.02	ไส(6,7 หัว ขึ้นรูป)		57		1	01.30	เฟรมกระจกล่าง	10	0.15			ไส-6,7 หัวขึ้นรูป เก้าอี้				L4
205-331	060.01.02	เพลาตั้ง(1 หัว)				1	01.30	เฟรมกระจกล่าง	30	0.50			เพลาตั้ง 1หัว,2หัว-เก้าอี้(D035B04,D036B01-B08)				1
205-331	070.01.02	ตัด(องศา)				1	01.30	เฟรมกระจกล่าง	10	0.33		-30	ตัดละเอียด-เก้าอี้				1

Product_Name	Op_Number	Op_Name	thick	width	length	Op_Qty	Part_no	Part_name	Setup	Operation_Time	Batch_Processing	End_Offset	Resource_Group	Secondary_Resource1	Quantity1	Usage1	Aux_Attr_Seven
205-331	080.01.02	เจาะรูปไข่(2 หัว)				1	01.30	เฟรมกระจกล่าง	10	0.30		-30	เจาะรูปไข่-เก้าอี้				1
205-331	090.01.02	เจาะดิ้ง(2 หัว)				1	01.30	เฟรมกระจกล่าง	10	0.30		-30	เจาะรูปไข่-เก้าอี้				1
205-331	100.01.02	แกะสลัก				1	01.30	เฟรมกระจกล่าง		500	1	-30	แผนกแกะสลัก				1
205-331	110.01.02	ขัดตรวจ				1	01.30	เฟรมกระจกล่าง		2		-30	แผนกขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	พนักงานขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	2	All	2
205-331	120.01.02	ขัดชิ้นส่วน				1	01.40	เฟรมกระจกข้าง		2		-30	แผนกขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	พนักงานขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	2	All	2
205-331	130.01.02	ขัดบัวนิ่ม				1	01.30	เฟรมกระจกล่าง		1		-30	แผนกขัดบัวนิ่ม-เก้าอี้	พนักงานขัดบัวนิ่ม-เก้าอี้	2	All	2
205-331	005.01.02.02	ตัดหยาบ	2	3	125	1	01.30.S1	เฟรมกระจกล่าง1		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.02.02	ไส(5,6 หัว)	50	70		1	01.30.S1	เฟรมกระจกล่าง1	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16°),2หน้า(24°)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.02.02	แซนดิ้งเพลาะ		69.5		1	01.30.S1	เฟรมกระจกล่าง1		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	005.01.03.01	ตัดหยาบ	2.5	3	83	2	01.40	เฟรมกระจกข้าง		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.03.01	ไส(5,6 หัว รอบ 1)	32	67		2	01.40	เฟรมกระจกข้าง	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16°),2หน้า(24°)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.03.01	แซนดิ้งเพลาะ	31.5			2	01.40	เฟรมกระจกข้าง		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	030.01.03	เพลาะรวม(2:1)				2	01.40	เฟรมกระจกข้าง		0.50			เพลาะ-ปากกา(1-4)				L4
205-331	040.01.03	ไส(5,6 หัว รอบ 2)	60	114		2	01.40	เฟรมกระจกข้าง	10	0.15		240	ไส-5,6,2หน้า(16°),2หน้า(24°)เก้าอี้				L4
205-331	050.01.03	ไส(6,7 หัว ขึ้นรูป)	57	114		2	01.40	เฟรมกระจกข้าง	10	0.15			ไส-6,7 หัวขึ้นรูป เก้าอี้				L4
205-331	060.01.03	เพลาตั้ง(1 หัว)				2	01.40	เฟรมกระจกข้าง	30	0.50			เพลาตั้ง 1หัว,2หัว-เก้าอี้(D035B04,D036B01-B08)				1
205-331	070.01.03	ตัด(องศา)				2	01.40	เฟรมกระจกข้าง	10	0.33		-30	ตัดละเอียด-เก้าอี้				1

Product_Name	Op_Number	Op_Name	thick	width	length	Op_Qty	Part_no	Part_name	Setup	Operation_Time	Batch_Processing	End_Offset	Resource_Group	Secondary_Resource1	Quantity1	Usage1	Aux_Attr_Seven
205-331	080.01.03	เจาะรูปไข่(2 หัว)				2	01.40	เฟรมกระจกข้าง	10	0.30		-30	เจาะรูปไข่-เก้าอี้				1
205-331	090.01.03	แกะสลัก				2	01.40	เฟรมกระจกข้าง		500	1	-30	แผนกแกะสลัก				1
205-331	100.01.03	ปัด 2 หัว				2	01.40	เฟรมกระจกข้าง		2		-30	แผนกขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	พนักงานขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	2	All	2
205-331	110.01.03	ขัดชิ้นส่วน				2	01.40	เฟรมกระจกข้าง		2		-30	แผนกขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	พนักงานขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	2	All	2
205-331	120.01.03	ขัดบัวนิ่ม				2	01.40	เฟรมกระจกข้าง		1		-30	แผนกขัดบัวนิ่ม-เก้าอี้	พนักงานขัดบัวนิ่ม-เก้าอี้	4	All	2
205-331	005.01.03.02	ตัดหยาบ	2	3	83	2	01.40.S1	เฟรมกระจกข้าง1		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.03.02	ไส(5,6 หัว)	50	70		2	01.40.S1	เฟรมกระจกข้าง1	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16"),2หน้า(24")เก้าอี้				L2
205-331	020.01.03.02	แซนดิ้งเพลาะ		69.5		2	01.40.S1	เฟรมกระจกข้าง1		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	005.01.04.01	ตัดหยาบ	1	3	109	0.80	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.04.01	ไส(5,6 หัว)	26	70		0.80	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16"),2หน้า(24")เก้าอี้				L2
205-331	020.01.04.01	แซนดิ้งเพลาะ		69		0.80	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	030.01.04	เพลาะรวม(8:1)				0.20	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน		0.50			เพลาะ-ปากกา(1-4)				L4
205-331	040.01.04	ไส(2 หน้า อ.เก้าอี้)	21			0.20	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน	10	0.15		240	ไส-2หน้า เก้าอี้(D084B01)				1
205-331	050.01.04	วาดแบบ				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน		2			แผนกวาดแบบ-เก้าอี้				1
205-331	060.01.04	ควั่น(1=5)				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน		1.50		-30	ควั่น-เก้าอี้				1
205-331	070.01.04	เพลาตั้ง(รอบ 1)				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน	30	0.50		-30	เพลาตั้ง 1หัว,2หัว-เก้าอี้(D035B04,D036B01-B08)				1
205-331	080.01.04	เพลาตั้ง(รอบ 2)				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน	30	0.50		-30	เพลาตั้ง 1หัว,2หัว-เก้าอี้(D035B04,D036B01-				1

													B08)				
Product_Name	**Op_Number**	**Op_Name**	**thick**	**width**	**length**	**Op_Qty**	**Part_no**	**Part_name**	**Setup**	**Operation_Time**	**Batch_Processing**	**End_Offset**	**Resource_Group**	**Secondary_Resource1**	**Quantity1**	**Usage1**	**Aux_Attr_Seven**
205-331	090.01.04	เพลาตั้ง(รอบ 3)				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน	30	0.50		-30	เพลาตั้ง 1หัว,2หัว-เก้าอี้ (D035B04,D036B01-B08)				1
205-331	100.01.04	เพลาตั้ง(รอบ 4)				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน	30	0.50		-30	เพลาตั้ง 1หัว,2หัว-เก้าอี้ (D035B04,D036B01-B08)				1
205-331	110.01.04	เราท์เตอร์(ลบR5 ตีเก็บมุม)				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน	15	0.5		-30	เราท์เตอร์หงาย-เก้าอี้				1
205-331	120.01.04	ตัด(องศา)				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน	10	0.30		-30	ตัดละเอียด-เก้าอี้				1
205-331	130.01.04	ขัดบัวนิ่ม(ก่อนแกะ)				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน		1		-30	แผนกขัดบัวนิ่ม-เก้าอี้	พนักงานขัดบัวนิ่ม-เก้าอี้	4	All	2
205-331	140.01.04	แกะสลัก				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน		500	1	-30	แผนกแกะสลัก				1
205-331	150.01.04	ปัด 2 หัว				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน		2		-30	แผนกขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	พนักงานขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	2	All	2
205-331	160.01.04	ขัดบัวนิ่ม(หลังแกะ)				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน		1		-30	แผนกขัดบัวนิ่ม-เก้าอี้	พนักงานขัดบัวนิ่ม-เก้าอี้	4	All	2
205-331	170.01.04	ขัดชิ้นส่วน				1	04.20	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน		2		-30	แผนกขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	พนักงานขัดตกแต่ง2-เก้าอี้	2	All	2
205-331	005.01.04.02	ตัดหยาบ	1	3	68	0.20	04.20.S1	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน1		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.04.02	ไส(5,6 หัว)	26	71		0.20	04.20.S1	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน1	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16″),2หน้า(24″)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.04.02	แซนดิ้งเพลาะ		70		0.20	04.20.S1	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน1		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	005.01.04.03	ตัดหยาบ	1	3	42	0.40	04.20.S2	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน2		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.04.03	ไส(5,6 หัว)	26	71		0.40	04.20.S2	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน2	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16″),2หน้า(24″)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.04.03	แซนดิ้งเพลาะ		70		0.40	04.20.S2	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน2		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4

205-331	005.01.04.04	ตัดหยาบ	1	3	25	0.40	04.20.S3	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน3		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
.Product_Name	**Op_Number**	**Op_Name**	**thick**	**width**	**length**	**Op_Qty**	**Part_no**	**Part_name**	**Setup**	**Operation_Time**	**Batch_Processing**	**End_Offset**	**Resource_Group**	**Secondary_Resource1**	**Quantity1**	**Usage1**	**Aux_Attr_Seven**
205-331	010.01.04.04	ไส(5,6 หัว)	26	71		0.40	04.20.S3	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน3	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16″),2หน้า(24″)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.04.04	แซนดิ้งเพลาะ		70		0.40	04.20.S3	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน3		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	005.01.04.05	ตัดหยาบ	1	3	30	0.20	04.20.S4	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน4		480	1		แผนกตัดหยาบ				L1
205-331	010.01.04.05	ไส(5,6 หัว)	26	71		0.20	04.20.S4	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน4	10	0.15			ไส-5,6,2หน้า(16″),2หน้า(24″)เก้าอี้				L2
205-331	020.01.04.05	แซนดิ้งเพลาะ		70		0.20	04.20.S4	คิ้วประดับเฟรมกระจกบน4		0.15			แซนดิ้ง-โต๊ะ(A04-A05,R02)				L4
205-331	010.02	ตัดบอร์ด	3	900	1090	1	07.10	ปิดหลังกระจก		0.40			ตัดบอร์ด				V2
205-331	020.02	NC				1	07.10	ปิดหลังกระจก	60	0.45			NC-เก้าอี้(A01,A03)				V2
205-331	200	ประกอบ(ชุดเฟรม)				1	M1	ชุดเฟรมกระจก		3.17			แผนกประกอบ-เก้าอี้	พนักงานประกอบ-เก้าอี้	4	ALL	3
205-331	210	ประกอบ(ติดคิ้ว)				1	M1	ชุดเฟรมกระจก		3.17			แผนกประกอบ-เก้าอี้	พนักงานประกอบ-เก้าอี้	2	ALL	3
205-331	215	แกะสลัก				1	M1	ชุดเฟรมกระจก									
205-331	220	อุดกาว(เฟรม)				1	M1	ชุดเฟรมกระจก		5			แผนกขัดตกแต่ง1-เก้าอี้	พนักงานขัดตกแต่ง1-เก้าอี้	4	All	3
205-331	230	ขัดตกแต่ง(เฟรม)				1	M1	ชุดเฟรมกระจก		5			แผนกขัดตกแต่ง1-เก้าอี้	พนักงานขัดตกแต่ง1-เก้าอี้	4	All	3
205-331	240	ทำสี				1	M1	ชุดเฟรมกระจก		2			แผนกสี1-3				C1
205-331	250	บรรจุ				1	M1	ชุดเฟรมกระจก		480	1		แผนกบรรจุ				P1

ภาคผนวก ง

บทความเสนองานประชุมวิชาการ

The 7th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2006

17-20 December 2006, Bangkok, Thailand

Proceedings of the 7th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2006
17-20 December 2006, Bangkok, Thailand

A Production System Model for Rubberwood Furniture Manufacturing Process Design

Suriya Jirasatitsin, Supapan Chaiprapat †and Pichet Trakarnchaisiri
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering
Prince of Songkla University, Songkhla 90112 Thailand
Tel: +667-428-7025-6, Fax: +667-421-2892, Email: supapan.s@psu.ac.th

Nittaya Seagar
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering
Prince of Songkla University, Songkhla 90112 Thailand
Email: dr_andrew_seagar@ieee.org

Abstract. This paper describes a conceptual model and design of production rules for rubberwood furniture manufacturing process design to generate machining operations and sequences extracted from furniture parts in the assumption that all machines are idle. The part details taken from the bill of material are used as the input of the system. Then the system generates a process plan based on that part details and production rules. This system is developed by using the Xlisp-Stat software on Windows OS environment. The implementation of mirror frame manufacturing process design is shown as a case study of the system prototype.

Keywords: Computer-aided process planning, Process design, Furniture manufacturing, Expert system.

1. INTRODUCTION

Wooden furniture manufacturing is the one of the most growing industry in Thailand. The special feature of this industry is that it mostly plans a process route by human, called the manual experience-based planning. The critical problem of this approach is that it is time consuming and the plans developed over a period of time may not be consistent. Consequently, process planners must have sufficient knowledge and experience to mention an optimal plan (Srinawagul 2003).

Computer-aided process planning (CAPP) is developed progressively over decades. It links the computer-aided design (CAD) and computer-aided manufacturing (CAM), to translate the design requirements into manufacturing process details. By using this approach, a process plan is more systematic in comparison with manual experience-based process planning (Singh 1996). To achieve the goal of CAPP, the generative CAPP method seems to be the most suitable approach. The_method is to compile all domains manufacturing knowledge by means of decision logic, formulas, and technology algorithms so that a consistent process plan is generated.

Few studies discuss in the process planning of the furniture manufacturing. Butdee (2002) proposed a model constructed with product design on CAD environment and process design or process planning. The system is dramatically suitable for the products with similar part shape because process design is still selected from the process route library. Pons (2003) addressed the possibility of utilizing a deductive database solution to assist a furniture company to solve its delivery scheduling problems. The result shows a not fully customized system because of the inconsistency of overall production. Wang *et al*. (1994) developed a general model of a process planning for companies where engineers design and fabricate parts in different locations and found that the system is particularly useful in a concurrent engineering environment.

This study will apply the concept of a generative CAPP method and explain the systematic model for process design of wooden furniture manufacturing by selecting a rubberwood furniture manufacturer as a case study.

† : Corresponding Author

2. PRODUCTION SYSTEM MODEL

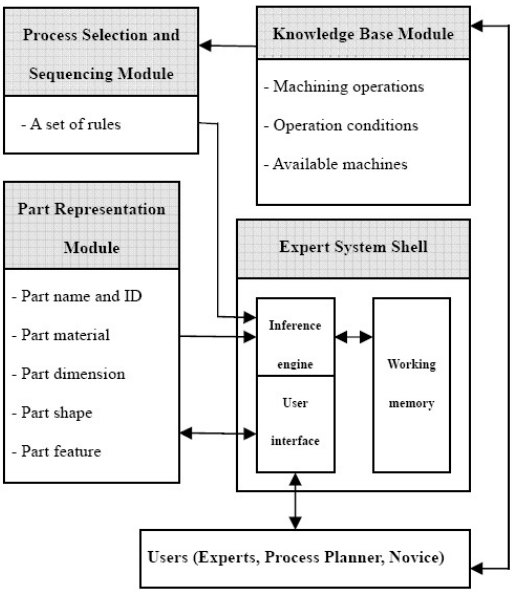


Figure 1: The architecture of the system.

The system model consists of an expert system shell, a part representation module, a knowledge base module, and a process selections and sequencing module. Figure 1 presents the system architecture which explains the relationships among those modules. Users interact with the system through the expert system shell for defining the part features and specifications, retrieving information, and updating knowledge base. After all part details are defined, a process plan is generated in accordance with part representation and process criteria. The process plan shows part machining operations in sequence. The concept of each module is described as follow.

2.1 Expert System Shell

Expert system shell coordinates each part of the system. It interacts with the users in part defining and process plan resulting. This shell is developed by using LISP computer programming language and forward chaining algorithms based on Winston (1989). It contains a user interface, an inference engine, and a working memory. The inference engine is data-driven reasoning which takes the facts in part representation module and applies rules in process selections and sequencing module to lead a process plan. The working memory seems like a blackboard for temporary calculating and thinking of the inference engine.

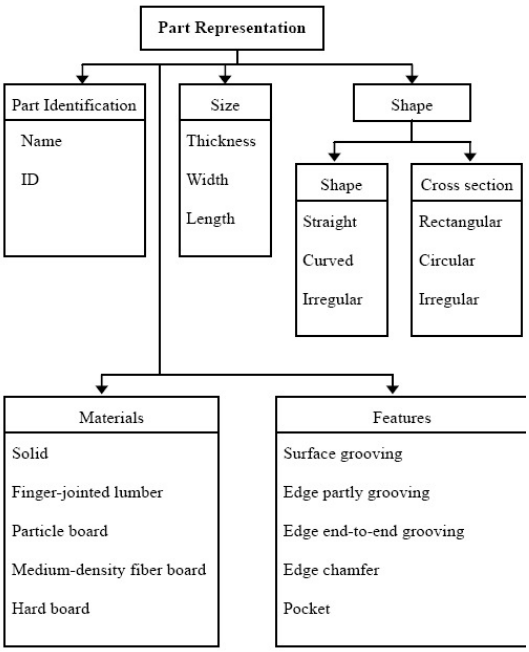


Figure 2: The objects of the part representation module.

2.2 Part Representation Module

Integrating object-oriented technique, a process planning is more systematic and easier to maintain (Jia et al. 2003) (Park 2003) (Law et al. 2001). This approach describes problems as a relation of concerned objects Therefore, to find a suitable part representation, part details are divided into objects such as part identification, raw material, size, shape, and feature (see figure 2). Part identification defines the part name and ID number for specifying which part is executing. For wooden furniture there are five materials normally used: solid, finger-jointed lumber, particle board, medium-density fiberboard, and hard board. Size object is divided into three sub-objects to specify the part dimension, i.e. thickness, width, and length. Three normal shapes are provided: straight, curved, and irregular. Moreover, part cross section is defined for accurate process because of the machine capacities. Possible features are also specified, such as pocket, grooving, and chamfer. For example, a part can be represented followed the above matter.

(name part = top-rail) (id part = 01)

(material part = solid)
(width part = 60) (thickness part = 40) (length part = 800)
(shape part = straight) (cross-section part = rectangular)
(feature part = pocket) (feature part = edge-chamfer)

From the above representation this part is a top rail with the ID number of 01. Its required material is rubberwood solid with 60 mm, 40 mm, and 800 mm, in its width, thickness and length, respectively. Its shape seems straight with rectangular cross-section. Moreover, required features are pocket and edge chamfer. Each objects of this module can also be updated by experts or knowledge engineers.

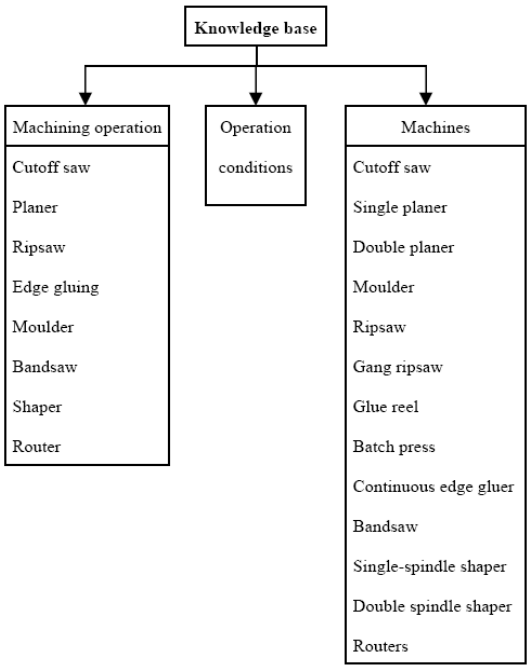


Figure 3: The objects of knowledge base module.

2.3 Knowledge Base Module

To perform a process planning, many activities are involved such as part analysis, selection of raw materials and machine tools, and operations and their sequences determination (Singh 1996). In rubberwood furniture process design, the knowledge has been extracted from process planners, work instructions, Clark's furniture manuals (Clark *et. al.* 1987) and routing sheets from production planning division. The knowledge is also divided as objects using the object-oriented concept. There are three groups of object in the knowledge base mod (See Figure 3). Machining operation object conta concerning operations that is cutoff saw, planer, moul ripsaw, edge gluing, spindle shaper, and router. Operat condition object provides the operation performances criteria. For example, to operate a planer the part wi must be in the range of 10 mm. to 300 mm. and cutoff is already performed on such that part. Machine obj consists of all machines used in the machining operatic All knowledge groups can be represented in the system database variables, that is

```
(defvar machining-operation '(cutoff-saw planer …))
(defvar operation-condition
    '((cutoff-saw (identified no))
      (planer-1 (identified cutoff-saw)
                (width <= 300)
                (width >= 10))
      (……..)))
(defvar machines '(2-sided-planer 5-head-moulder ..
```

After all variables are defined, a set of production rules formed as mentioned in the next section.

2.4 Process Selections and Sequencing Module

Process selections rules are designed based on decision criteria of each operation and capacities machines. The system presents rules in the form of THEN sentences. IF-portion responds the proc conditions and THEN-portion concludes identi processes. The rules are extracted from the operat conditions mentioned in the previous section. Rules can set specifically depending on the available machines. example, one rule is " if the part dimension is between mm thickness x 10 mm width and 200 mm thickness x mm width and the part is already cutoff, the moul process will be selected.", then the production rule for would be

Rule Name	Moulder
IF	if the part dimension is between 10 n thickness x 10 mm width and 200 m thickness x 200 mm width and the is already cutoff
THEN	the moulder process will be selected

```
((rule-name moulder)
 (if (width part <= 200)
    (width part >= 10)
    (thickness part <= 200)
    (width part >= 200
    (identified machining-op = cutoff-saw))
```

(then (identified machining-op = moulder)))

Process sequencing is based on data collected from the experts and routing sheets. When process sequencing knowledge is extracted, a standard process route will be collected in the system. The step for sequencing the processes is explained as follow. First the expert system will determine which processes in the standard process route are the same as the possible processes which the inference engine can infer. Second, the standard process will be modified corresponding to the possible processes. Finally, the desired process sequence will be generated.

3 EXAMPLARY APPLICATION OF THE PROTOTYPE

A mirror frame is illustrated to demonstrate the system prototype. Figure 4 shows parts of the mirror frame. In this case study, the top rail is used for implementing the most functions of the system. By taking the part details from the bill of material, the top rail is a rubberwood solid with its dimension as shown in the figure. Its shape is curve-like and cross-section is irregular. No other features are required. Consequently, the part representation of the top rail is shown in Figure 5.

A set of rules for mirror frame part machining is extracted as described in Section 2. A process plan resulting from the system is shown in Figure 6.

4. CONCUSION AND FUTURE WORK

A conceptual model and designing rules of rubberwood furniture manufacturing process design is proposed. The model consists of four modules: the expert system shell, the part representation, the knowledge base, and the process selections and sequencing. The design of rules is constructed upon machining operations, and capabilities of machines. Therefore, this method can be implemented in any wooden furniture manufacturing factory by modifying the knowledge base depending on the available machines. For future work, the system should be developed into more automatic process planning and practical usage in the factory by

- The development of the knowledge base module.
- The integration of a CAD system for part representation.
- The integration of optimization parameters for each machining operation.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by Thailand Research Fund-Master Research Grant (TRFMAG) No. MRG485E067. The materials presented in this report are not necessarily approved by TRFMAG.

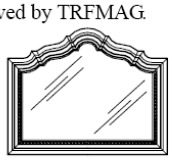


Figure 4: A mirror frame example

```
(id part = 01)
(name part = top-rail)
(material part = solid)
(thickness part = 57)
(width part = 175)
(length part = 960)
(shape part = curved)
(cross-section = irregular)
```

Figure 5: The part representation of the top rail

```
*****************************************************
Part Descriptions
*****************************************************
The Part ID: 01
The Part Title: top-rail
The Part Material: (SOLID)
The Part Dimension: Thickness (57) (mm) x Width (175) (mm) x Length
(960) (mm)
The Part Shape: (CURVED)
The Part Cross-Section: (IRREGULAR)
*****************************************************
Deducted Processes
*****************************************************
Rule (CUTOFF-SAW-1) indicates (IDENTIFIED MACHINING-OP =
CUTOFF-SAW).
Rule (MOULDER-1) indicates (IDENTIFIED MACHINING-OP =
MOULDER).
Rule (SANDING-1) indicates (IDENTIFIED MACHINING-OP = PRE-
EDGE-GLUING-ABRASIVE-PLANER).
Rule (BANDSAW-3) indicates (IDENTIFIED MACHINING-OP =
BANDSAW).
Rule (SHAPER-1) indicates (IDENTIFIED MACHINING-OP =
SPINDLE-SHAPER).
Rule (EDGE-GLUING-2) indicates (IDENTIFIED MACHINING-OP =
EDGE-GLUING).
Rule (SANDING-2) indicates (IDENTIFIED MACHINING-OP =
ROUGHING-ABRASIVE-PLANER).
*****************************************************
Recommended Operation Sequences
*****************************************************
(CUTOFF-SAW MOULDER PRE-EDGE-GLUING-ABRASIVE-
PLANER EDGE-GLUING ROUGHING-ABRASIVE-PLANER
BANDSAW SPINDLE-SHAPER)
```

Figure 6: The process planning generated by the system.

REFERENCES

Butdee, S. (2002) Integration of Product and Process Design for Wood Furniture Industry, *Proceedings of Seventh International Conference on Manufacturing and Management,* PCM' 2002, 500-505.

Clark, E. L., Ekwall, J. A., Culbreth, C. T., and Willard R. (1987) *Furniture Manufacturing Equipment*, Department of Industrial Engineering, North Carolina State University, Raleigh, NC.

Jia, X., Xu, J., Zhang, Z., and Huang, N. (2003) The Research on Representation and Processing of Process Knowledge Based on Object-Oriented Modeling. *Proceedings of the Second International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Xi'an,* 657-660.

Law, H., Tam, H., Chan, A. H.S., and Hui, I.K. (2001) Object-Oriented Knowledge-Based Computer-Aided Process Planning System for Bare Circuit Boards Manufacturing, *Computers in Industry*, **45**, 137-153.

Park, S. C. (2003) Knowledge Capturing Methodology in Process Planning, *Computer-Aided Design*, **35**, 1109-1117.

Pons, A. P. (2003) Case Study the Furniture Company: Deductive Databases and the Scheduling Problem, *International Journal of Information Management*, **23**, 523-536.

Singh, N. (1996) *Systems Approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing*, John Wiley & Sons.

Srinawagul, R. (2003) State Report on Furniture and Wooden Products of Thailand, Department of Industrial Promotion, Thailand, *http://bisd.dip.go.th/furniture/objects /Article/Files/IMG_2006052416131708.doc*.

Wang, H.., Qiao, L., and Yang, Z. (1994) A Computer-aided process planning methodology, *Computers in Industry*, **25**, 83-94.

Winstan, P. H., Klaus B., and Horn P. (1989) *LISP*, 3rd ed. Reading, Addison-Wesley.

AUTHOR BIOGRAPHIES

Suriya Jirasatitisin is a master degree student in Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University. He received a B.Eng. in Electrical Engineering from Sirindorn International Institute of Technology at Thammasart University in 2001. His research interests include electronic circuit simulation, artificial intelligence and computer-aided process planning.

Supapan Chaiprapat received her MS. and Ph.D. from the department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, Iowa State University in 1998 and 2002. She is now an assistant professor at the department of Industrial Engineering, Prince of Songkla University, Thailand. Her expertise includes computer aided design and manufacturing (CAD/CAM), computational geometry and process planning.

Pichet Trakarnchaisiri is a Ph.D. candidate at Asian Institute of Technology (AIT), Thailand. He graduated from the King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand. His research is in the areas of computerized manufacturing technologies and mold design.

Nittaya Seager (Nintarakit) currently works for the department of Electrical Engineering, Prince of Songkla University, Thailand, as an assistant professor. She earned her doctorate in Information Scientifique et Technique, Paris 7, France, and she received her master degree in nuclear technology from the Chulalongkorn University, Thailand. Her expertise includes artificial intelligence and processing satellite imagery.