บทที่ 3

แนวความคิดในการออกแบบและวิเคราะห์แม่พิมพ์ และข้อมูลพื้นฐาน

3.1 ขั้นตอนการพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์

ในการผลิตชิ้นงานออกสู่ตลาดโดยทั่วไปนั้นจะมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งจะพบว่ามีขั้นตอนที่จะต้องทำการตัดสินใจถึง 3 จุด ถึงจะได้ชิ้นงานออกมามีคุณภาพ และจำเป็นที่จะต้องลงทุนในการสร้างแม่พิมพ์ออกมาก่อนจึงสามารถทำการทดลองฉีดได้ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ประกอบกับการออกแบบแม่พิมพ์ส่วนใหญ่จะใช้การกะประมาณค่าต่างๆ เช่น ปริมาตรของส่วนต่างๆ พื้นที่ผิว และอื่นๆ เนื่องจากการจะได้มาซึ่งค่าที่แน่นอนสำหรับรูปร่างที่ซับซ้อนนั้นในทางปฏิบัติทำได้ยาก ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในทุกวงการ ดังนั้นจึงสามารถที่จะประยุกต์นำเอาโปรแกรม CAD มาช่วยในการออกแบบและหาค่าต่างๆ ได้แต่ต้องอยู่ในรูปของ 3 มิติ หลังจากนั้นจึงประยุกต์นำเอาโปรแกรม CAE มาช่วยในการวิเคราะห์แม่พิมพ์ และสุดท้ายก็สามารถที่จะประยุกต์มาใช้ในการผลิตจริงได้ด้วย โดยใช้ระบบ CAM ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนในการผลิตผลิตภัณฑ์โดยนำระบบ CAD/CAE เข้ามาช่วย ดังในรูปที่ 3.2 ซึ่งจะพบว่าขั้นตอนในการตัดสินใจลดลงเหลือ 2 จุด(การลดขั้นตอนในการสินใจลงจะช่วยทำให้รอบในการออกผลิตภัณฑ์เร็วขึ้น) และไม่จำเป็นที่ต้องสร้างแม่พิมพ์ออกมาก่อนทำการวิเคราะห์ ทำให้สามารถลดเวลาและค่าใช้-จ่ายในการผลิตผลิตภัณฑ์ลงได้

3.2 ปัจจัยในการพิจารณาเพื่อการออกแบบและวิเคราะห์แม่พิมพ์

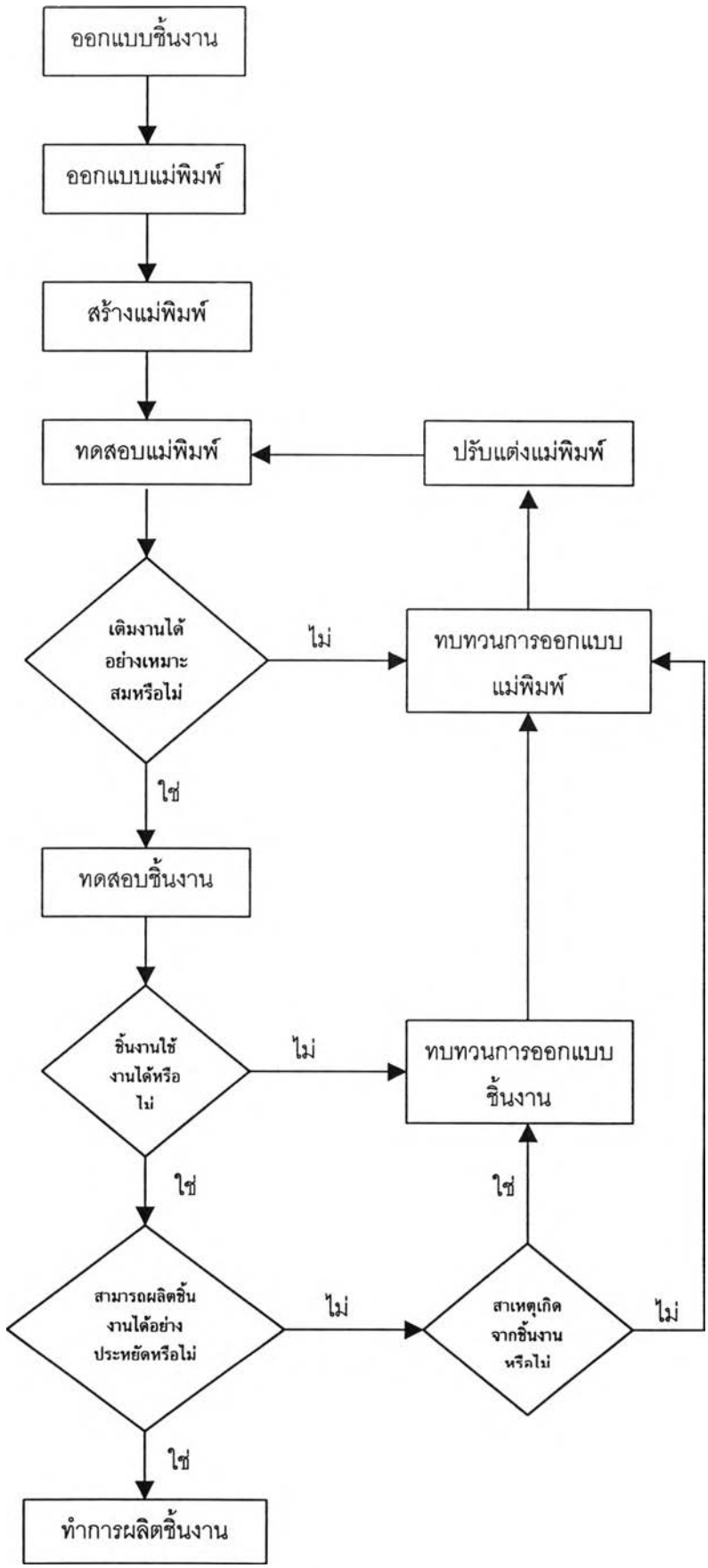
ในการออกแบบและวิเคราะห์แม่พิมพ์ในงานฉีดอะลูมิเนียมไดแคสติงจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันซึ่งได้แสดงดังรูปที่ 3.3

3.3 ข้อมูลพื้นฐานของชิ้นงาน แม่พิมพ์ เครื่องจักร และสภาวะในการฉีด

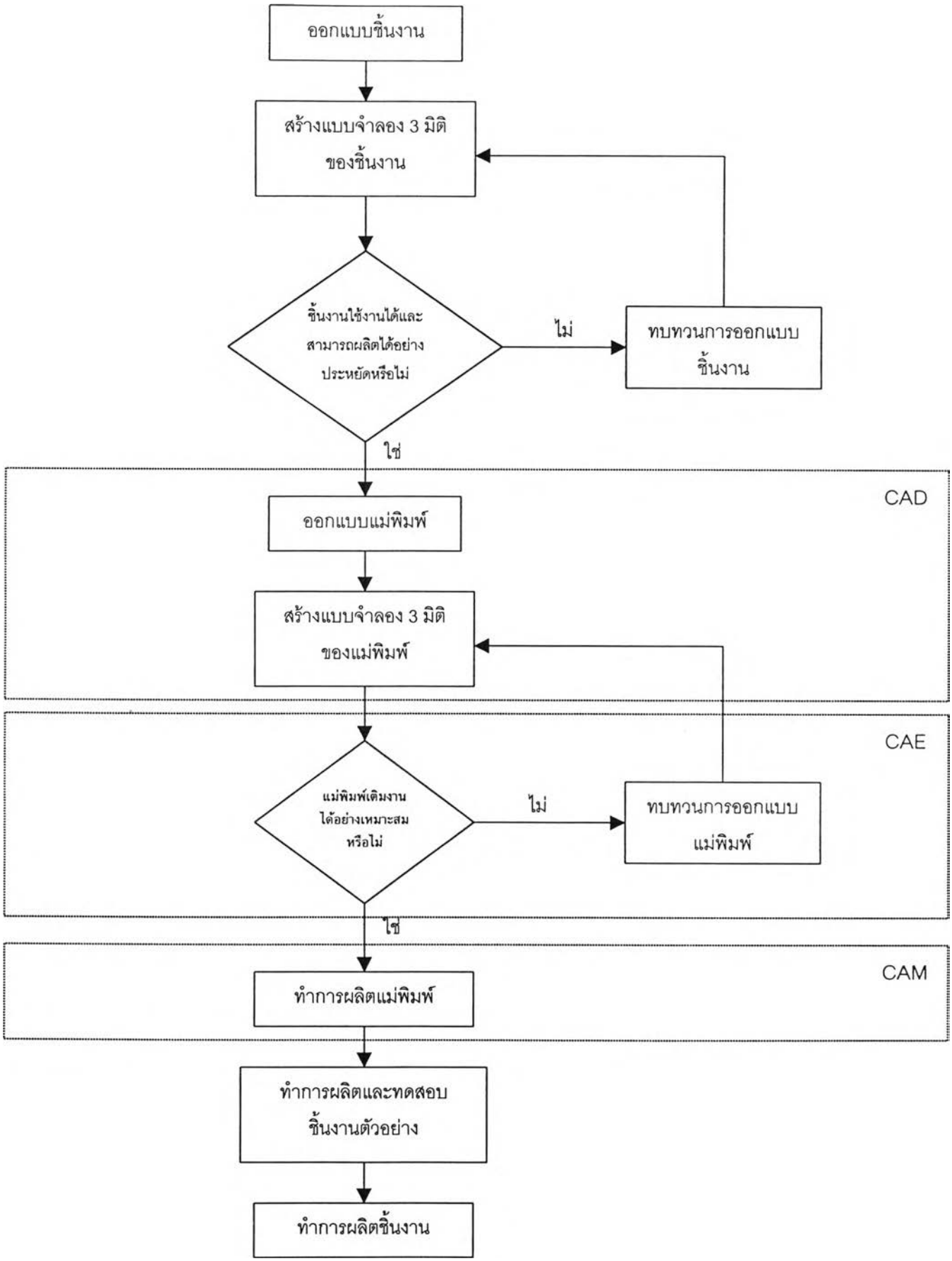
3.3.1 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ฉีด(ทำชิ้นงาน)

ในที่นี้จะใช้อะลูมิเนียมอัลลอยด์ 380 ซึ่งตรงกับมาตรฐาน ASTM SC84B เป็นวัสดุในการฉีด ซึ่งส่วนผสมทางเคมีที่แสดงในตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนที่แสดงในตารางที่ 2.2 และคุณสมบัติทางกลที่แสดงในตารางที่ 2.3 ในบทก่อนหน้านี้เป็นคุณสมบัติของอะลูมิเนียมอัลลอยด์ 380 ที่อุณหภูมิห้อง แต่เนื่องจากในทางปฏิบัติค่าเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลง

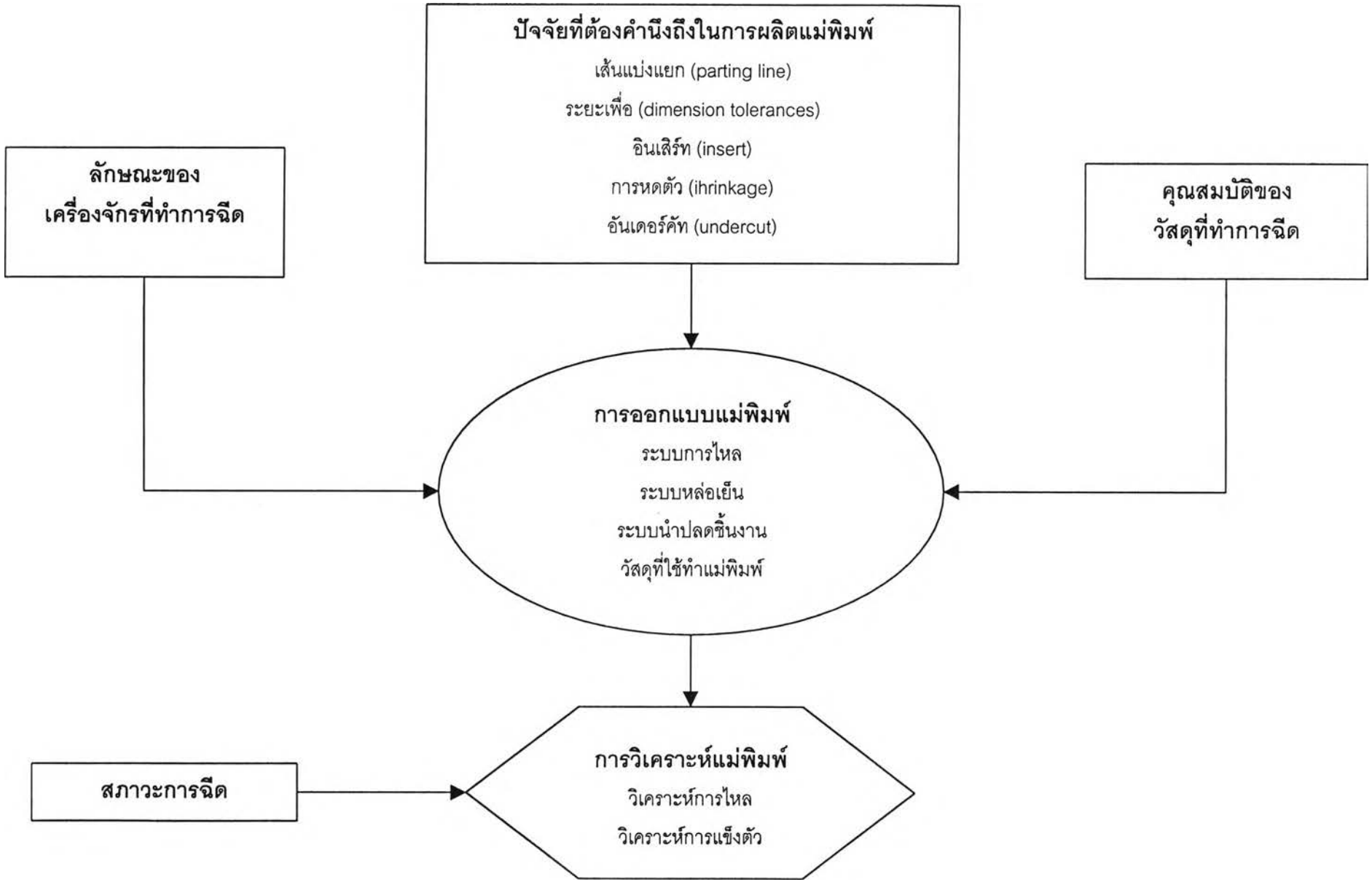
I19207376



รูปที่ 3.1 รูปแสดงขั้นตอนในการผลิตผลิตภัณฑ์ในทางการค้าทั่วๆไป



รูปที่ 3.2 รูปแสดงขั้นตอนในการผลิตผลิตภัณฑ์โดยนำระบบ CAD/CAE เข้ามาพัฒนา



รูปที่ 3.3 รูปแสดงปัจจัยต่างๆที่มีความสัมพันธ์กันในการออกแบบและวิเคราะห์แม่พิมพ์

ตามอุณหภูมิ และเนื่องจากส่วนผสมทางเคมี คุณสมบัติทางความร้อนและทางกายภาพ ของอะลูมิเนียมอัลลอยด์ 380 และ 383 มีค่าใกล้เคียงกันในการวิเคราะห์จะใช้คุณสมบัติด้านอัตราเทียบความร้อนสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และความหนาแน่น ของอะลูมิเนียมอัลลอยด์ 383 แทน แต่จะคงซึ่งค่าอุณหภูมิที่เป็นของเหลวสมบูรณ์ และอุณหภูมิที่เป็นของแข็งสมบูรณ์ไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1 ส่วนค่าความหนืด (viscosity) ในที่นี้จะใช้ค่าของอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ซึ่งแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงอัตราเทียบความร้อน สัมประสิทธิ์การนำความร้อน และความหนาแน่นที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอะลูมิเนียมอัลลอยด์ 383 (NTIS Handsbook)

อุณหภูมิ (^{o}F)	อัตราเทียบความร้อน Btu / lb /^{o}F	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน W / m / K	ความหนาแน่น lb / in^{3}
100	0.206	107.754	0.0975
200	0.212	107.927	0.0973
300	0.217	107.235	0.097
400	0.221	102.219	0.0967
500	0.225	98.5872	0.0963
600	0.23	95.8198	0.0959
700	0.238	92.5336	0.0955
800	0.248	44.9696	0.0951
900	0.261	48.4288	0.0946
1000	0.277	53.9655	0.0942
1100	0.263	58.8064	0.0917
1200	0.263	63.6493	0.0913
1300	0.263	68.3192	0.0908
1400	0.263	72.8162	0.0904

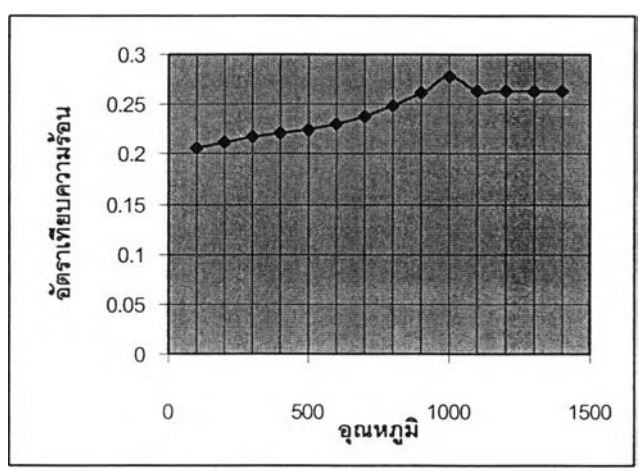
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงค่าความหนืดของอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ (Handsbook of Heat Transfer)

อุณหภูมิ (^{o}C)	ค่าความหนืด (centipoise)
700	2.9
725	2.525

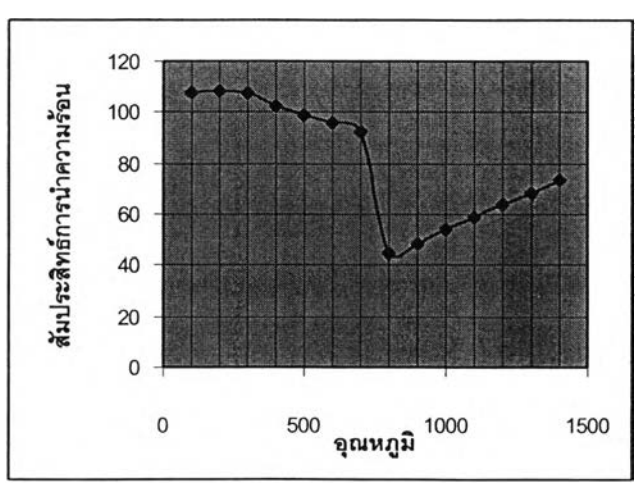
ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

อุณหภูมิ (^{o}C)	ค่าความหนืด (centipoise)
750	2.15
775	1.775
800	1.4

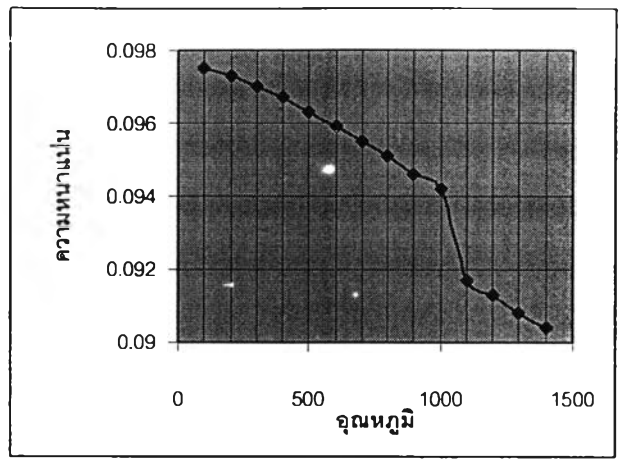
จากตารางที่ 3.1 และ 3.2 นำค่าต่างๆ มาพล็อตเทียบกับอุณหภูมิเพื่อดูความสัมพันธ์ โดย รูปที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราเทียบความร้อน รูปที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัมประสิทธิ์การนำความร้อน รูปที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่น และ รูปที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าความหนืด ดังนี้



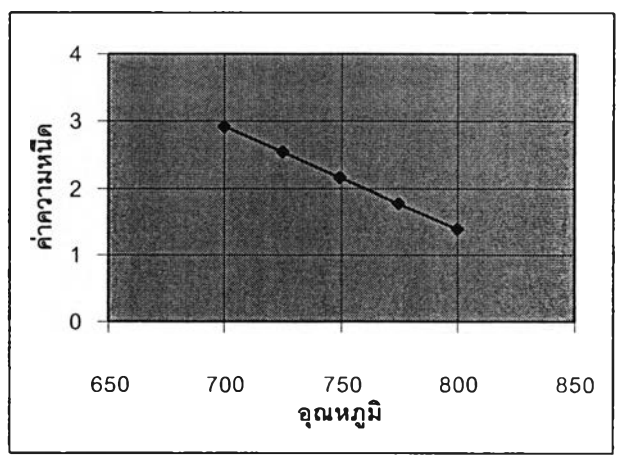
รูปที่ 3.4 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราเทียบความร้อน



รูปที่ 3.5 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัมประสิทธิ์การนำความร้อน



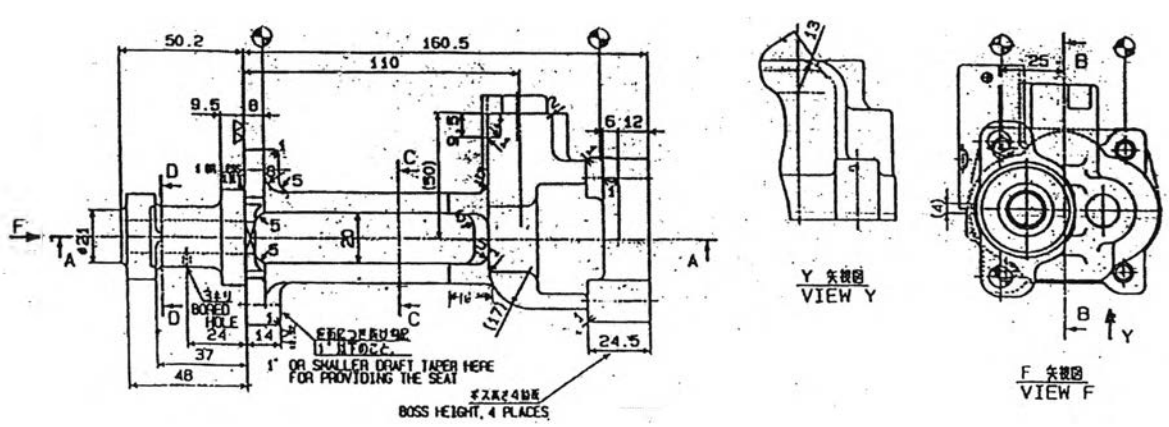
รูปที่ 3.6 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่น



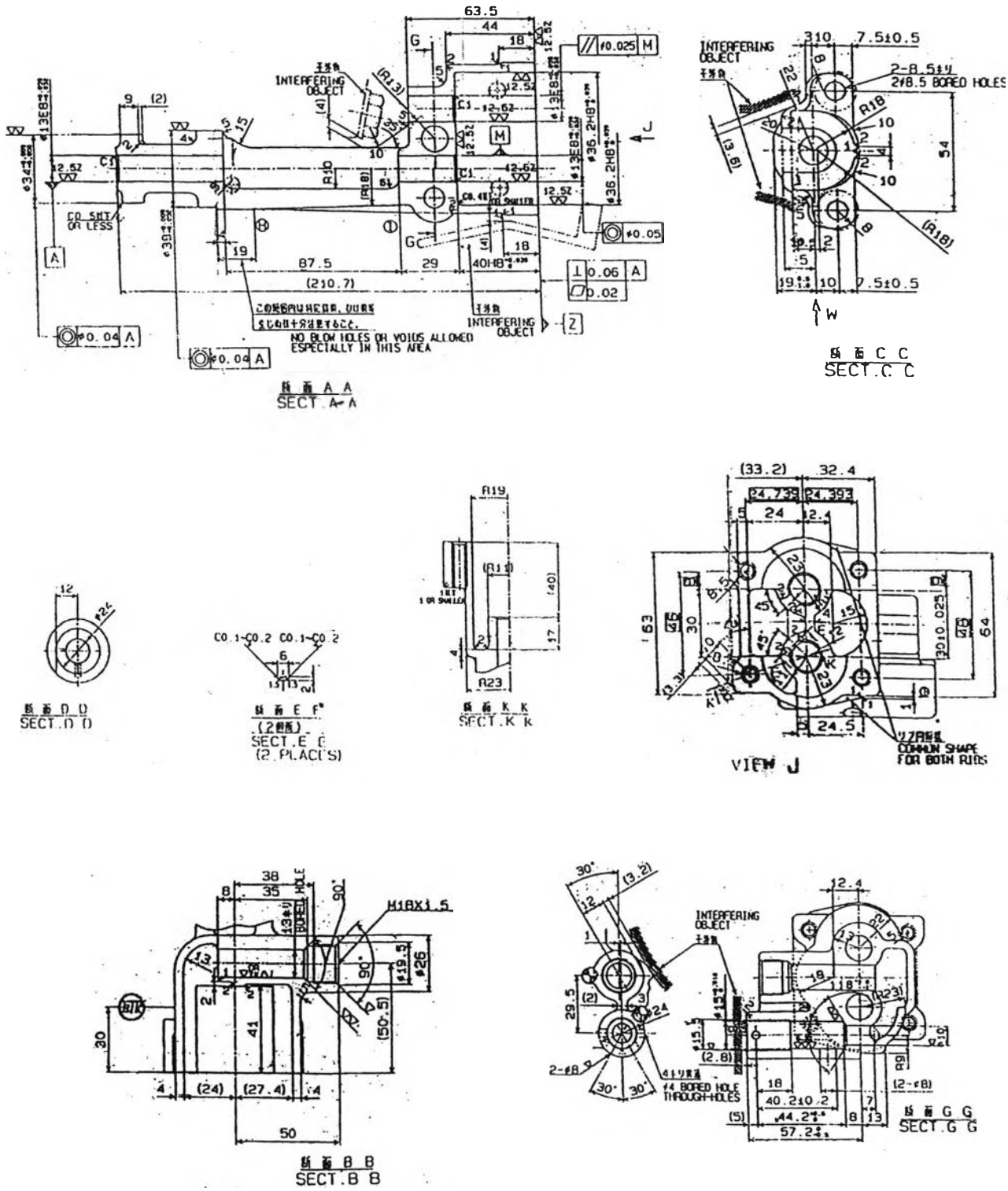
รูปที่ 3.7 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าความหนืด

3.3.2 <u>ภาพสองมิติของชิ้นงานตัวอย่าง</u>

เป็นภาพของลูกสูบน้ำมันรถยนต์ ซึ่งแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 รูปแสดงภาพเขียนแบบของชิ้นงานตัวอย่างใน 2 มิติ


63.5
44
INTERFERING OBJECT
NO BLOW HOLES OR VOIDS ALLOWED ESPECIALLY IN THIS AREA
SECT. A-A
INTERFERING OBJECT
2-8.5±0.4 2#8.5 BORED HOLES
7.5±0.5
SECT. C-C
(33.2)
32.4
24.5
COMMON SHAPE FOR BOTH RIMS
VIEW J
SECT. D-D
SECT. E-E (2 PLACES)
SECT. K-K
38
35
M18X1.5
SECT. B-B
INTERFERING OBJECT
4 BORED HOLE THROUGH-HOLES
SECT. G-G

รูปที่ 3.8 (ต่อ)

3.3.3 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์

วัสดุที่ใช้ทำจะเป็นจำพวกเหล็กกล้างานร้อน (hot work tool steel) จำพวกเหล็ก H13 ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีตามตารางที่ 2.4 ส่วนลักษณะการนำไปใช้งานของเหล็กที่กล่าวมานั้นจะแสดงในตารางที่ 2.5 และคุณสมบัติทางความร้อนของเหล็ก H13 จะแสดงดังตารางที่ 2.6 ในบทที่ 2

3.3.4 คุณลักษณะของเครื่องฉีด

เป็นเครื่องฉีดแนวนอนแบบรางเย็น (cold chamber) ของ TOSHIBA รุ่น DC350CL ซึ่งมีขีดความสามารถดังแสดงในตารางที่ 3.3 และ 3.4

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงขีดความสามารถของเครื่องฉีด TOSHIBA รุ่น DC350CL

ITEM		UNIT	DC350CL
Die-clamping force		Metric ton	350
Die-platen dimensions		mm	935×935
Space between tie-bar (vertical × horizontal)		mm	650×650
Tie-bar diameter		mm	125
Die stroke		mm	420
Max. die thickness		mm	700
Min. die thickness		mm	300
Die adjustment speed (50/60Hz)		mm/min.	73/88
Injection force (Pressure increase ratios as calculated when maximum accumulator operating pressure is 135kg/cm^2 are 1:2.07)		Metric ton	16.5 to 34
Plunger stroke		mm	480
Plunger-tip projection distance (from surface of stationary platen)		mm	165
Injection port position (distance downward from machine center)		mm	0 & 125
Injection speed	Low speed	m/sec	0.1 to 1.0
(with water-glycol hydraulic fluid)	High speed	m/sec	0.1 to 5.0
Ejector force		Metric ton	19
Ejector stroke		mm	20 to 90
Cores (upper section of movable platen)		-	1 set

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ITEM	UNIT	DC350CL
Hydraulic-pump motor (200V)	kW	22
Die-thickness adjustment motor (200V)	kW	1.5
Lubricating-pump motor (100V)	W	40
Power-supply capacity	kVA	40
Machine Weight	Metric ton	11.7

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงความสามารถในการหล่อของเครื่องรุ่น DC 350CL

Model	Plunger-Tip Diameter (mm)	Casting Pressure (kg/cm^2)	Casting Area (cm^2)	Injection Volume(cm^2)	Injection Weight (kg)
DC 350CL	60	(585) - 1200	(595) - 290	1010	2.6
	70 (Standard)	(430) - 880	(810) - 395	1380	3.5
	80	(330) - 675	(1060) - 515	1800	4.6

3.3.5 <u>สภาวะการฉีด</u>

เป็นสภาวะการฉีดสำหรับชิ้นงานตัวอย่างที่ถูกออกแบบไว้ดั้งเดิม ซึ่งแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.5 (ข้อมูลได้จากใบรายงานงานหล่อของบริษัท ทีบีเค กรุงเทพ จำกัด)

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงสภาวะการฉีด

ITEM	STANDARD
Slow Speed	$0.14^{\pm 0.02}$ m/s
Fast Speed	$1.3^{\pm 0.2}$ m/s
Fast Speed Accel Time	$13^{\pm 5}$ ms
Fast Speed Start Point	$390^{\pm 5}$ mm
Casting Pressure	$520^{\pm 10}$ kg/cm^2
Build Up Time	$20^{\pm 5}$ ms
Biscuit Thickness	$20^{\pm 5}$ mm
เวลาการเปิดพิมพ์	8 sec

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ITEM	STANDARD
Ladle up	3 sec
Ladle Waiting	0.25 min
เวลาการ Spray	5 sec
Spray Head Up Start	2 sec
อุณหภูมิ Al หลอมละลาย	670 $^{\pm 10}$ ^{o}C
อุณหภูมิแม่พิมพ์	40 $^{\pm 5}$ ^{o}C
แรงของ Clamp	85% (350 Metric Ton)
แรงดัน Accumulator	80 kg/cm^2
Cycle Time	40 $^{\pm 2}$ sec

3.4 เครื่องมือและโปรแกรม CAD/CAE ที่ใช้

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทำการวิจัยนี้เป็นเครื่องของ ฮิวเล็ทท์ แพ็คการ์ด (Hewlett Packard: hp) รุ่น 715/64 มีหน่วยความจำ 96 เมกะไบต์ (MB) ฮาร์ดดิสก์ (hard disk) 2 กิกะไบต์ (GB) จอภาพขนาด 21 นิ้ว ของ hp รุ่น A4033A ใช้เครื่องสำรองไฟ (UPS) ของ APC (American Power Conversion) รุ่น Back-UPS 900 และใช้เครื่องพิมพ์ของ hp รุ่น Deskjet 1600cm

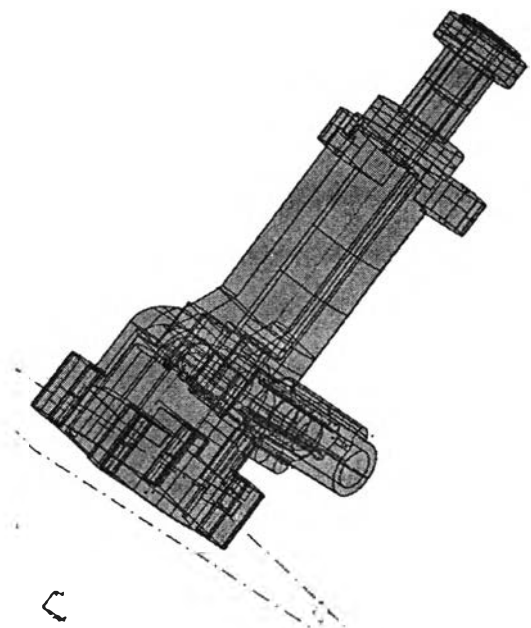
โปรแกรม CAD ที่ช่วยในการวาดรูปใช้โปรแกรม I-DEAS Master Series 2.1 มีอยู่ 2 โมดุล (modules) คือ Modeling (ไว้สำหรับวาดรูป) และ Meshing (ไว้สำหรับทำการแบ่งชิ้นงานออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ) เพื่อนำรูปที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

โปรแกรม CAE ที่ใช้ในการวิเคราะห์ใช้โปรแกรม ProCAST Version 3.0 โดยนำรูปที่ทำการแบ่งย่อย (Mesh) จากโปรแกรม CAD มาทำการวิเคราะห์

ซึ่งทั้งสองโปรแกรมทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ของ Hewlet packard hp-VUE (Hewlett Packard Visual Users Environment) แบบสแตนด์อโลน (stand alone) แต่สำหรับโปรแกรม ProCAST ต้องเข้าสู่ระบบ met 01 ก่อน โดยการพิมพ์คำสั่ง csh

3.5 รูปแบบ 3 มิติของชิ้นงาน

นำภาพสองมิติจากรูปที่ 3.8 มาวาดใหม่ให้กลายเป็นรูปทรงสามมิติ มีอยู่ 2 ลักษณะด้วยกัน คือ รูปไวร์เฟรม (wire frame) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.9 เมื่อได้รูปไวร์เฟรมแล้วนำเรนเดอร์ (render) จะเห็นเป็นรูปร่างของแข็ง (solid) ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 รูปแสดงภาพชิ้นงาน 3มิติ แบบไวร์เฟรม (wire frame)

รูปที่ 3.10 รูปแสดงภาพชิ้นงาน 3มิติ แบบรูปร่างของแข็ง (solid)