บรรณานุกรม

Morgan, Phillip. Glass Reinforced plastics. London: Iliffe & Son Ltd, 1955.

Parkyn, Brian. Glass Reinforced Plastics. London: Iliffe Book, 1970.

Gaylord, M.W. Reinforced Plastics. Cahners Books. 1974.

Mccrum, N.G. A review of the Science of Fibre reinforced plastics. London: H.M. Stationery office, 1971.

Millinson, John, H. Chemical Plant Design with Reinforced Plastics. McGraw-Hill Book Company, 1969.

Gibbs & Cox, Inc. Marine Design Manual For Fiberglass Reinforced Plastics. MaGraw-Hill Book Company, 1960.

Nicholls, Robert. Composite Construction Materials Handbook. New Jersey: Prentice-Hall Inc, 1976.

Frados, Joel. Plastics Engineering Handbook. 4th ed. Van Nostrand Reinhold Company, 1976.

Cheremisinoff, Nicholas P. and Cheremisinoff, Paul N. Fiberglass-Reinforced Plastics Desk Book. Ann Arbor Science, 1979.

Katz, Harry S. and Milewski, John V. Handbook of Fillers and Reinforcements for plastics. Van Nostrand Reinhold Company.

Mohr, JK. Gilbert, Oleesky, Samuel S., Shook, Gerald D. and Meyer, Leonard S. SPI Handbook of Technology and Engineering of Reinforced plastics/Composite. Van Nostrand Reinhold company, 1973.

Lubin, George. Handbook of Fiberglass and Advanced Plastics Composites. 1969.

Lawrence, John R. Polyester resins. Van Nostrand Reinhold company, 1960.

Crystic Research Centre. Crystic Monograph No. 2 Polyester Handbook. Scott Bader Company Limited, 1971.

National Bureau of Standards, NBS Voluntary Product Standard PS 15-69, Custom Contact-Molded Reinforced-Polyester Chemical-Resistant Process Equipment.

Lefaux, R. Practical Toxicology of Plastics. Iliffe Book, 1968.

Reinforced Plastics Journal, London.

Reinforced Plastics congress 1976, British Plastics Federation Reinforced plastics group.

ภาคผนวก ก

โปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้งหมด 3 โปรแกรม

โปรแกรมที่ 1 หน้า 91 เป็นโปรแกรมในการหาความหนาของแผ่นพลาสติกเสริมแรงแบน ที่ถูกยึดแน่นทั้งสี่ด้าน ผลลัพธ์อยู่ในหน้า 92

โปรแกรมที่ 2 หน้า 93 เป็นโปรแกรมในการหาปริมาณของวัสดุที่ใช้ในขบวนการผลิตประเภท hand lay-up โดยป้อนความหนา และพื้นที่เข้าไป โปรแกรมจะคำนวณหาปริมาณวัสดุที่จะใช้ และราคาออกมา ผลลัพธ์จะอยู่ในหน้าที่ 96

โปรแกรมที่ 3 หน้า 97 เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อทดลองหาพื้นที่ผิวที่น้อยที่สุดของทรงกระบอก โดยเปลี่ยนค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกระบอกไปเรื่อย จะพบว่าที่ เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับความสูง จะได้พื้นที่ผิวที่น้อยที่สุด การเขียนโปรแกรมนี้ เป็นการใช้แทนการคำนวณโดยวิธีแคลคูลัส

```
10 '
20 ' This program was designed to calculate thickness of
30 ' flat plates, all edges fixed, uniform load over entire
40 ' surface
50 '
60 HOME
70 INPUT "load, ksc"; P
80 INPUT "length of long side, cm"; B
90 INPUT "length of short side, cm"; A
100 INPUT "maximum deflection, %"; DELTA : DELTA = DELTA/100
101 LPRINT "Find thickness of flat plate, all edges fixed, uniform l
oad" : LPRINT
102 LPRINT USING "load ##.### ksc";P
103 LPRINT USING "length of long side ###.## cm";B
104 LPRINT USING "length of short side ###.## mm";A
105 LPRINT USING "maximum deflection ###.## mm"; A*DELTA*10
110 INPUT "safety factor"; SF
111 LPRINT USING "safety factor ##"; SF
112 LPRINT
120 X = B/A
130 IF X > 0 AND X <= 1 THEN BETA = .3078 : ALPHA = .0138 : GOTO 200
140 IF X > 1 AND X <= 1.2 THEN BETA = .3834 : ALPHA = .0188 : GOTO 2
00
150 IF X > 1.2 AND X <= 1.4 THEN BETA = .4356 : ALPHA = .0226 : GOTO
 200
160 IF X > 1.4 AND X <= 1.6 THEN BETA = .468 : ALPHA = .0251 : GOTO
200
170 IF X > 1.6 AND X <= 1.8 THEN BETA = .4872 : ALPHA = .0267 : GOTO
 200
180 IF X > 1.8 AND X <= 2   THEN BETA = .4974 : ALPHA = .0277 : GOTO
 200
190 IF X > 2 THEN BETA = .5 : ALPHA = .0284
200 THK = A * SQR ( BETA * P / (1500 / SF) )
210 IF THK < .48 THEN S = 600 : SB = 1000 : EB = 49000!
220 IF THK >= .48 AND THK < .64 THEN S = 630 : SB = 1100 : EB = 4900
0!
230 IF THK >= .64 AND THK < .8  THEN S = 840 : SB = 1300 : EB = 5600
0!
240 IF THK >= .8  AND THK < .96 THEN S = 950 : SB = 1400 : EB = 6300
0!
250 IF THK >= .96 THEN S = 1100 : SB = 1500 : EB = 70000!
260 DELTAMAX = ALPHA * P * A^4 / (EB * THK^3)
270 IF THK >= A * SQR ( BETA * P / ( SB/SF )) AND DELTAMAX / A < DEL
TA GOTO 280 ELSE THK = THK + .01 : GOTO 210
280 LPRINT USING " Thickness   ###.##  mm"; THK*10
```

Find thickness of flat plate, all edges fixed, uniform load

load 0.051 ksc
length of long side 102.00 cm
length of short side 102.00 mm
maximum deflection 5.10 mm
safety factor 6

Thickness 12.88 mm

```
10 HOME : CLEAR
20 F$ = "###                                    ###.###"
30 FR$ = "###          ###           ###      ###.###"
40 INPUT "THICKNESS, mm"; THK : THK = THK/10 : REM CONVERT TO cm
50 LPRINT : LPRINT
60 LPRINT USING "THICKNESS ###.## mm";THK*10
70 LPRINT
80 GOSUB 420
90 SEN = 1000
100 LPRINT
110 LPRINT TAB(5) "TYPE OF" TAB(20) "WEIGHT" TAB(34) "GLASS" TAB(44)
 "NUMBER OF" TAB(56) "THICKNESS"
120 LPRINT TAB(4) "MATERIALS" TAB(19) "(gm/m^2)" TAB(31) "CONTENT(wt
%)" TAB(45) "LAYERS" TAB(58) "(mm)"
130 LPRINT STRING$(66,"-")
140 REM CHOPPED STRAND MAT & WOVEN ROVING
150 GOSUB 340
160 THK = THK - TH(1,2) : N(1,2) = N(1,2) + 1
170 GOSUB 340
180 THK = THK - TH(1,2) : N(1,2) = N(1,2) + 1
190 GOSUB 340
200 THK = THK - TH(2,1) : N(2,1) = N(2,1) + 1
210 GOSUB 340
220 GOTO 180
230 IF N(1,1) = 0 GOTO 260
240 LPRINT "CHOPPED STRAND MAT" TAB(21):LPRINT USING FR$;WG(1,1);100
*GC(1);N(1,1);N(1,1)*TH(1,1)*10
250 IF N(1,2) = 0 GOTO 270
260 LPRINT "CHOPPED STRAND MAT" TAB(21):LPRINT USING FR$;WG(1,2);100
*GC(1);N(1,2);N(1,2)*TH(1,2)*10
270 IF N(2,1) = 0 GOTO 290
280 LPRINT "WOVEN ROVING" TAB(21):LPRINT USING FR$;WG(2,1);100*GC(2)
;N(2,1);N(2,1)*TH(2,1)*10
290 SUM = SUM + N(1,1)*TH(1,1) + N(1,2)*TH(1,2) + N(2,1)*TH(2,1)
300 LPRINT TAB(56) STRING$(7,"-")
310 LPRINT TAB(40) : LPRINT USING "TOTAL THICKNESS ###.###";SUM*10
320 LPRINT TAB(56) STRING$(7,"=")
330 GOTO 1000
340 ' SUBROUTINE FOR FINDING OUTMOST LAYERS
350 IF THK < 0 THEN 230
360 IF THK <= TH(1,1) THEN N(1,1) = N(1,1) + 1: GOTO 230
370 IF THK <= TH(1,2) THEN N(1,2) = N(1,2) + 1: GOTO 230
380 IF THK <= 2 * TH(1,1) THEN N(1,1) = N(1,1) + 2: GOTO 230
390 IF THK <= TH(1,1) + TH(1,2) THEN N(1,1) = N(1,1) + 1: N(1,2) = N
(1,2) + 1: GOTO 230
400 IF THK <= 2 * TH(1,2) THEN N(1,2) = N(1,2) + 2: GOTO 230
410 RETURN
420 ' FIND MATERIAL QUANTITIES
430 READ WG(0,0), WG(0,1), WG(1,1), WG(1,2), WG(2,1), TC
```

```
440 READ GC(0), GC(1), GC(2)
450 READ DG, DR
460 FOR I = 0 TO 2
470 FOR J = 0 TO 2
480 TH(I,J) = (WG(I,J)/GC(I) - WG(I,J) * (1-DR/DG))/DR/10000
490 NEXT
500 NEXT
510 DATA 600, 30, 300, 450, 600, 300
520 DATA .08, 0.30, 0.55
530 DATA 2.6, 1.2
540 RETURN
1000 INPUT "AREA, sq.m "; TOAR
1010 LPRINT
1020 LPRINT USING "AREA  #####.### sq.metre";TOAR
1030 LPRINT
1040 GOSUB 1500
1050 REM ** OUTPUT FORMAT **
1060 LPRINT: LPRINT
1070 GWG(0,1) = TOAR*WG(0,1)/SEN*N(0,1) : OGWG(0,1) = GWG(0,1)*.1025
 : WGWG(0,1)     = (GWG(0,1)+OGWG(0,1))*.1025 : TGWG(0,1) = GWG(
0,1) + OGWG(0,1) + WGWG(0,1) :   CGWG(0,1) = TGWG(0,1)*CWG(0,1)
1080 GWG(1,1) = TOAR*WG(1,1)/SEN*N(1,1) : OGWG(1,1) = GWG(1,1)*.1025
 : WGWG(1,1)     = (GWG(1,1)+OGWG(1,1))*.1025 : TGWG(1,1) = GWG(
1,1) + OGWG(1,1) + WGWG(1,1) :   CGWG(1,1) = TGWG(1,1)*CWG(1,1)
1090 GWG(1,2) = TOAR*WG(1,2)/SEN*N(1,2) : OGWG(1,2) = GWG(1,2)*.1025
 : WGWG(1,2)     = (GWG(1,2)+OGWG(1,2))*.1025 : TGWG(1,2) = GWG(
1,2) + OGWG(1,2) + WGWG(1,2) :   CGWG(1,2) = TGWG(1,2)*CWG(1,2)
1100 GWG(2,1) = TOAR*WG(2,1)/SEN*N(2,1) : OGWG(2,1) = GWG(2,1)*.1025
 : WGWG(2,1)     = (GWG(2,1)+OGWG(2,1))*.1025 : TGWG(2,1) = GWG(
2,1) + OGWG(2,1) + WGWG(2,1) :   CGWG(2,1) = TGWG(2,1)*CWG(2,1)
1110 RWG = (GWG(0,1)+OGWG(0,1))*(1-GC(0))/GC(0) + (GWG(1,1)+OGWG(1,1
))*(1-GC(1))/GC(1) + (GWG(1,2)+OGWG(1,2))*(1-GC(1))/GC(1) + (GWG
(2,1)+OGWG(1,2))*(1-GC(2))/GC(2)
1120 WRWG = RWG*.2 : TRWG = RWG + WRWG : CRWG = TRWG*CSTR
1150 CTOTAL = CGEL+CGWG(0,1)+CGWG(1,1)+CGWG(1,2)+CGWG(2,1)+CRWG+CTOP
1160 WEIGHT = TGEL+TGWG(0,1)+TGWG(1,1)+TGWG(1,2)+TGWG(2,1)+RWG+TTOP
1170 MH = WEIGHT/MMH
1180 LPRINT TAB(6) "TYPE OF" TAB(24) "CALCU-" TAB(32) "OVER-" TAB(39
) "WASTE" TAB(47) "TOTAL" TAB(56) "PRICE/" TAB(66) "COST"
1190 LPRINT TAB(5) "MATERIALS" TAB(24) "LATED" TAB(32) "LAPPED" TAB(
47) "WEIGHT" TAB(57) "unit"
1200 LPRINT TAB(25) "(kg)" TAB(33) "(kg)" TAB(40) "(kg)" TAB(48) "(k
g)" TAB(56) "(BAHT)" TAB(65) "(BAHT)"
1210 F$(2) = "###.##          ##.##  ####.##  ####.##  ######.##"
1220 F$ = "###.##  ##.##  ##.##  ####.##  ####.##  ######.##"
1230 GOSUB 1480
1240 IF N(1,1) = 0 GOTO 1260
1250 LPRINT "CHOPPED STRAND MAT 300" TAB(24) : LPRINT USING F$ ;GWG(
1,1);OGWG(1,1);WGWG(1,1);TGWG(1,1);CWG(1,1);CGWG(1,1)
```

```
1260 IF N(1,2) = 0 GOTO 1280
1270 LPRINT "CHOPPED STRAND MAT 450" TAB(24) : LPRINT USING F$ ;GWG(
1,2);OGWG(1,2);WGWG(1,2);TGWG(1,2);CWG(1,2);CGWG(1,2)
1280 IF N(2,1) = 0 GOTO 1300
1290 LPRINT "WOVEN ROVING 600" TAB(24) : LPRINT USING F$ ;GWG(2,1);O
GWG(2,1);WGWG(2,1);TGWG(2,1);CWG(2,1);CGWG(2,1)
1300 LPRINT "LAMINATING RESIN" TAB(24) : LPRINT USING F$(2) ;RWG;WRW
G;TRWG;CSTR;CRWG
1310 LPRINT TAB(64) STRING$(10,"-")
1320 LPRINT "   SUBTOTAL COST" TAB(64) : LPRINT USING "######.##";CT
OTAL
1330 LPRINT USING "MISC. MATERIALS    ##.## % ";PERCENT;: LPRINT TAB
(64) : LPRINT USING "######.##";CTOTAL*PERCENT/100
1360 LPRINT TAB(64) STRING$(10,"-")
1370 LPRINT "      TOTAL COST" TAB(64) : LPRINT USING "######.##";CT
OTAL+CTOTAL*PERCENT/100
1380 LPRINT TAB(64) STRING$(10,"=")
1390 LPRINT : LPRINT
1400 LPRINT USING "APPROX. WEIGHT   #####.## kg";WEIGHT-WGWG(0,1)-WG
WG(1,1)-WGWG(1,2)-WGWG(2,1)-WRWG-WTOP-WGEL
1410 PRINT : PRINT "DO IT AGAIN ? Y/N"
1420 GET A$ :IF A$ = "N" THEN RUN "MENU"
1430 IF A$ = "Y" THEN RESTORE :GOTO  10 ELSE GOTO 1420
1440 DATA 30, 300, 450, 600, 300
1450 DATA .08, 0.29, 0.55 :REM Glass content SM, CSM, WR
1460 DATA 2.6, 1.2 :REM Glass density, resin density
1470 END
1480 LPRINT STRING$(72,"-") : RETURN
1490 LPRINT STRING$(79,"=") : RETURN
1500 OPEN "I", #1, "B:PRICE.LST"
1510 IF EOF(1) GOTO 1540
1520 INPUT #1, CWG(0,1), CWG(1,1), CWG(2,1), CSTGC, CSTR, LBR, MMH,
OVHD, PERCENT
1530 CWG(1,2) = CWG(1,1)
1540 CLOSE #1
1550 RETURN
```

THICKNESS 2.00 mm

TYPE OF MATERIALS	WEIGHT (gm/m^2)	GLASS CONTENT(wt%)	NUMBER OF LAYERS	THICKNESS (mm)
CHOPPED STRAND MAT	450	30	2	2.096
			TOTAL THICKNESS	2.096

AREA 6.200 sq.metre

TYPE OF MATERIALS	CALCU-LATED (kg)	OVER-LAPPED (kg)	WASTE (kg)	TOTAL WEIGHT (kg)	PRICE/ unit (BAHT)	COST (BAHT)
CHOPPED STRAND MAT 450	5.58	0.57	0.63	6.78	62.00	420.52
LAMINATING RESIN	14.82		2.96	17.79	43.00	764.84
SUBTOTAL COST						1185.36
MISC. MATERIALS	10.00 %					118.54
TOTAL COST						1303.89

APPROX. WEIGHT 18.01 kg

```
10 PI = 3.1415926£
20 INPUT "volume, cu.meter";V : V = V*10^6
25 LPRINT USING "volume £££.££ cu.meter";V/10^6
27 LPRINT : LPRINT "surface area" TAB(15) "diameter" TAB(29) "height"
30 FOR D = 1 TO 1000 STEP 2
40 FLAG = FLAG+1
50 H = V/(PI*(D/2)^2)
60 S = PI*D*H + PI*(D/2)^2*2
70 IF FLAG = 1 THEN OLDS = S
80 IF S > OLDS THEN 110
90 OLDS = S
100 LPRINT S/100/100,D,H
110 NEXT
120 END
```

volume 1.05 cu.meter

surface area	diameter	height
420	1	1.3369E+06
140.001	3	148545
84.0039	5	53476.1
60.0077	7	27283.7
46.6794	9	16505
38.2008	11	11048.8
32.3342	13	7910.66
28.0353	15	5941.78
24.7513	17	4625.96
22.162	19	3703.33
20.0693	21	3031.52
18.344	23	2527.22
16.8982	25	2139.04
15.6701	27	1833.88
14.6149	29	1589.66
13.6993	31	1391.16
12.8983	33	1227.64
12.1924	35	1091.35
11.5664	37	976.553
11.0081	39	878.962
10.508	41	795.301
10.0579	43	723.04
9.65142	45	660.198
9.28316	47	605.207
8.94858	49	556.81
8.64386	51	513.995
8.36576	53	475.935
8.11153	55	441.951
7.87877	57	411.481
7.66543	59	384.057
7.46974	61	359.285
7.29011	63	336.836
7.1252	65	316.426
6.97379	67	297.817
6.83481	69	280.803
6.70733	71	265.206
6.5905	73	250.873
6.48357	75	237.671
6.38587	77	225.485
6.29679	79	214.213
6.21578	81	203.765
6.14236	83	194.063

6.07608	85	185.038
6.01652	87	176.629
5.96333	89	168.779
5.91616	91	161.442
5.87471	93	154.573
5.8387	95	148.133
5.80786	97	142.088
5.78196	99	136.405
5.76078	101	131.056
5.74413	103	126.016
5.7318	105	121.261
5.72364	107	116.77
5.71947	109	112.524
5.71916	111	108.506

ภาคผนวก ข

ภาคผนวกนี้เป็นมาตรฐานสองฉบับ คือ ในหน้าที่ 101 ถึง 107 เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 435-2525 ถังเก็บน้ำปลาสติกเสริมแรง ส่วนในหน้าที่ 108 ถึง 121 เป็นมาตรฐานของ NBS (National Bureau of Standard) Voluntary Product Standard PS 15-69 Custom Contact-Molded Reinforced-Polyester Chemical-Resistant Process Equipment

มอก. ๔๓๕ – ๒๕๒๕

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ถังเก็บน้ำปลาสติกเสริมแรง

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ขนาด วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบถังเก็บน้ำปลาสติกเสริมแรง

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ถังเก็บน้ำปลาสติกเสริมแรง ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "ถัง" หมายถึง ถังปลาสติกสำหรับใช้บรรจุน้ำ ประกอบด้วยตัวถังและฝาปิด อาจมีข้อต่อ (joint) และท่อ (pipe) ประกอบรวมอยู่ด้วย

2.2 ความจุทั้งหมด (total capacity) หมายถึง ปริมาตรภายในของถังคิดจากปริมาตรของน้ำที่บรรจุเต็มถัง

2.3 ความจุระบุ (nominal capacity) หมายถึง ปริมาตรสูงสุดที่กำหนดให้สำหรับใช้งาน

3. ขนาด

ถังแบ่งออกเป็น 8 ขนาดตามความจุระบุ คือ

3.1 500 ลูกบาศก์เดซิเมตร

3.2 1 000 ลูกบาศก์เดซิเมตร

3.3 1 500 ลูกบาศก์เดซิเมตร

3.4 2 000 ลูกบาศก์เดซิเมตร

3.5 2 500 ลูกบาศก์เดซิเมตร

3.6 3 000 ลูกบาศก์เดซิเมตร

3.7 3 500 ลูกบาศก์เดซิเมตร

3.8 4 000 ลูกบาศก์เดซิเมตร

4. วัสดุ

4.1 วัสดุที่ใช้ทำตัวถังและฝาปิดต้องเป็นปลาสติกเสริมแรง

4.2 เรซิน (resin) อาจเป็นโพลิเอสเตอร์ อีปอกซี หรือเรซินชนิดอื่นที่มีสมบัติเหมาะสม

4.3 วัสดุที่ใช้เสริมแรงต้องเหมาะกับเรซินที่ใช้ ซึ่งอาจเป็นใยแก้ว (glass fibre) ใยหิน (asbestos) หรือใยสังเคราะห์ (synthetic fibre) ก็ได้

4.4 วัตถุเจือปน (additive) ต่าง ๆ ที่ใช้ผสมเพื่อประโยชน์ในการทำ เช่น ตัวเติม (filler) ผงสี (pigment) สีย้อม (dye) ฯลฯ ปริมาณรวมกันต้องไม่มากจนทำให้เกิดผลเสียต่อผลิตภัณฑ์ในการใช้งาน

5. คุณลักษณะที่ต้องการ

5.1 ลักษณะทั่วไป

5.1.1 ถังต้องไม่รั่ว ไม่ซึม พื้นผิวภายในและภายนอกของถังต้องไม่มีรอยตำหนิที่อาจเป็นผลเสียหายต่อการใช้งาน

5.1.2 สี

ถังต้องทึบแสง (opaque) ถ้ามีสี ชั้น (laminate) ของปลาสติกที่มีสีต้องไม่สัมผัสกับน้ำ

5.2 ความจุ

ความจุทั้งหมดของถัง เมื่อบรรจุน้ำเต็มถังและวัดที่อุณหภูมิห้อง ต้องมากกว่าความจุระบุไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยปริมาตร

5.3 ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำ

เมื่อบรรจุน้ำเต็มถังทิ้งไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ต้องไม่ทำให้น้ำมีกลิ่น รสและสีเปลี่ยนไปจากเดิม

5.4 ความทนทานต่อความดันภายใน (resistance to internal pressure) เมื่อทดสอบตามภาคผนวก ก. แล้ว ต้องไม่รั่ว ร้าว หรือแตก

5.5 คุณลักษณะด้านความปลอดภัย

5.5.1 สมบัติของการละลาย

เมื่อทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะทำด้วยปลาสติกสำหรับบรรจุน้ำนมและผลิตภัณฑ์นมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานการทดสอบของกระทรวงสาธารณสุขของประเทศญี่ปุ่น เลขที่ 434 ปี 1966) ปริมาณสารที่สกัดได้ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1

มอก. ๔๓๕ – ๒๕๒๕

ตารางที่ 1 ปริมาณสารที่สกัดได้

(ข้อ 5.5.1)

ตัวทำละลาย	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
น้ำ	โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย ไม่เกิน	10
น้ำ	ฟีนอล	ต้องไม่พบ
น้ำ	ฟอร์มัลดีไฮด์	ต้องไม่พบ
น้ำ	กากที่ได้จากการระเหย (residuals from volatilation) มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย ไม่เกิน	30
กรดอะซีติก ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยปริมาตร	โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว) มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย ไม่เกิน	1

5.5.2 สมบัติของเนื้อปลาสติก ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติของเนื้อปลาสติก

(ข้อ 5.5.2)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีวิเคราะห์ตาม
1	สารที่ระเหยได้ (volatile substances) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง ไม่เกิน	1 500	ภาคผนวก ข.
2	โลหะหนัก มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง ไม่เกิน		
	ตะกั่ว	100	ภาคผนวก ค.
	แคดเมียม	100	ภาคผนวก ง.

5.6 ความต้านแรงดึง (tensile strength)

ผนังตัวถังต้องมีความต้านแรงดึงได้ไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางที่ 3

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ASTM D 638

ตารางที่ 3 ความต้านแรงดึง

(ข้อ 5.6)

ความหนาผนังตัวถัง มิลลิเมตร	ความต้านแรงดึง เมกาปาสกาล
3.2 ถึง 4.8	62.1
4.9 ถึง 6.4	82.7
6.5 ถึง 7.9	93.1
8.0 ขึ้นไป	103.4

มอก. ๔๓๕ – ๒๕๒๕

5.7 อายุการใช้งาน
เมื่อทดสอบตาม ASTM D 794 เป็นเวลา 60 วัน ที่อุณหภูมิ 87±3 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทดสอบตาม ASTM D 638 ผนังตัวถังต้องมีความต้านแรงดึงไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้านแรงดึงเดิม

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ถังทุกใบอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร
(1) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า
(2) ขนาด
(3) ปีที่ทำ
(4) คำแนะนำทั่วไปเกี่ยวกับการใช้ผลิตภัณฑ์
ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศด้วย ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทย

6.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 ความหมายของคำที่ใช้ มีดังต่อไปนี้
7.1.1 รุ่น หมายถึง ถังที่มีขนาดเดียวกัน สีเดียวกัน และผลิตขึ้นโดยกรรมวิธีเดียวกัน
7.1.2 ขนาดรุ่น หมายถึง จำนวนถังในรุ่นหนึ่ง ๆ

7.1.3 ขนาดตัวอย่าง หมายถึง จำนวนถังที่ชักตัวอย่างมาในแต่ละรุ่น

7.1.4 เลขจำนวนที่ยอมรับ หมายถึง จำนวนสูงสุดของชิ้นทดสอบที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ยอมให้มีได้ในจำนวนชิ้นทดสอบที่ใช้ทั้งหมด สำหรับการตรวจสอบรายการใดรายการหนึ่ง

7.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

7.2.1 การชักตัวอย่าง

7.2.1.1 เพื่อการตรวจสอบลักษณะทั่วไป ความจุ และผลที่เกิดขึ้นกับน้ำ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากถังแต่ละรุ่นตามตารางที่ 4 สดมภ์ที่ 2 โดยให้ถือว่าถังทั้งใบเป็นชิ้นทดสอบ

7.2.1.2 เพื่อการทดสอบความทนทานต่อความดันภายใน คุณลักษณะด้านความปลอดภัย ความต้านแรงดึง และอายุการใช้งาน ให้ชักตัวอย่างถังโดยวิธีสุ่มจำนวน 2 ใบ จากขนาดตัวอย่างในตารางที่ 4 (ข้อ 7.2.1.1) เพื่อใช้ทดสอบทุกรายการ

ตารางที่ 4 แผนการชักตัวอย่างเพื่อตรวจสอบลักษณะทั่วไป ความจุ และผลที่เกิดขึ้นกับน้ำ

(ข้อ 7.2.1.1 และข้อ 7.2.2.1)

ขนาดรุ่น ใบ	ขนาดตัวอย่าง ใบ	เลขจำนวนที่ยอมรับ
2 ถึง 15	2	0
16 ถึง 50	8	1
51 ถึง 100	13	2
ตั้งแต่ 101 ขึ้นไป	20	3

7.2.2 เกณฑ์ตัดสิน

7.2.2.1 เมื่อตรวจสอบลักษณะทั่วไป ความจุ และผลที่เกิดขึ้นกับน้ำแล้ว ถ้าจำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดตามข้อ 5.1 ข้อ 5.2 และข้อ 5.3 ในแต่ละข้อ มีไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับในตารางที่ 4 สดมภ์ที่ 3 ให้ถือว่าถังรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2.2 เมื่อทดสอบความทนทานต่อความดันภายใน คุณลักษณะด้านความปลอดภัย ความต้านแรงดึง และอายุการใช้งานแล้ว ถังตัวอย่างต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 5.4 ข้อ 5.5 ข้อ 5.6 และข้อ 5.7 ทุกข้อ จึงจะถือว่าถังรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2.3 ถังรุ่นใดรุ่นหนึ่งจะถือว่าเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ เมื่อผลการวิเคราะห์และการทดสอบถังตัวอย่างเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 7.2.2.1 และข้อ 7.2.2.2 ทั้งสองข้อ

ภาคผนวก ก.
การทดสอบความทนทานต่อความดันภายใน
(ข้อ 5.4)

ก.1 เครื่องมือ

ก.1.1 เครื่องทดสอบความทนทานต่อความดันภายในที่สามารถอัดน้ำให้มีความดันได้ถึง 138 กิโลปาสกาล และสามารถรักษาระดับความดันภายในถังไม่ให้แตกต่างจากค่าที่กำหนดเกินกว่าร้อยละ 2

ก.2 วิธีทดสอบ

ก.2.1 ใช้จุกยางหรือวัตถุอื่นที่เหมาะสมปิดบริเวณช่องเปิด เช่น ข้อต่อท่อ ให้สนิท

ก.2.2 ใส่น้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องลงไปในถังให้มีปริมาตรเท่ากับความจุระบุของถัง ปิดฝาให้สนิท แล้วต่อถังเข้ากับเครื่องทดสอบ (ข้อ ก.1.1) ตรงบริเวณจุกยาง

ก.2.3 อัดน้ำในถังด้วยอัตราสม่ำเสมอ ให้ได้ค่าความดัน 138 ± 2 กิโลปาสกาลภายในเวลา 20 นาที แล้วรักษาระดับความดันนี้ไว้เป็นเวลา 5 นาที

ก.2.4 หลังการทดสอบ ตรวจดูถังว่ามีรอยร้าว แตกหรือมีรอยรั่วที่ใดนอกเหนือจากบริเวณที่เป็นปากถังหรือช่องเปิดหรือไม่

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มอก. ๔๓๕ – ๒๕๒๕

ภาคผนวก ข.
การวิเคราะห์หาปริมาณสารที่ระเหยได้
(ตารางที่ 2)

ข.1 เครื่องมือ

ข.1.1 ก๊าซโครมาโตกราฟ

ข.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

ข.2.1 อะซีโตน คุณภาพขั้นวิเคราะห์

ข.2.2 เอน, เอน–ไดเมทิลฟอร์มามีด คุณภาพขั้นวิเคราะห์

ข.2.3 สารละลายมาตรฐานสไตรีน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ชั่งสไตรีนบริสุทธิ์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมอะซีโตนจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

ข.2.4 สารละลายมาตรฐานโทลูอีน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ชั่งโทลูอีนบริสุทธิ์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมอะซีโตนจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

ข.2.5 สารละลายมาตรฐานเอทิลเบนซีน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ชั่งเอทิลเบนซีนบริสุทธิ์ ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตร ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมอะซีโตนจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

ข.2.6 สารละลายมาตรฐาน 1–(1–เมทิลเอทิล) เบนซีน หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าไอโซโปรปิลเบนซีน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ชั่ง 1–(1–เมทิลเอทิล) เบนซีนบริสุทธิ์ ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมอะซีโตนจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

ข.2.7. สารละลายมาตรฐานโปรปิลเบนซีน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ชั่งโปรปิลเบนซีนบริสุทธิ์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมอะซีโตนจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

ข.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานผสม

ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตามข้อ ข.2.3 ถึงข้อ ข.2.7 อย่างละ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมเอน,เอน–ไดเมทิลฟอร์มามีดจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

ข.4 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ตัดปลาสติกจากถังตัวอย่างตรงบริเวณที่เป็นเนื้อเดียวกันให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1.0 กรัม ใส่ในบีเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมเอน,เอน–ไดเมทิลฟอร์มามีด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทิ้งไว้ค้างคืน แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมอะซีโตนจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

มอก. ๔๓๕ – ๒๕๒๕

ข.5 ภาวะของเครื่องมือ

ใช้คอลัมน์ยาว 2 เมตร บรรจุด้วย Chromosorb W และเคลือบด้วย 20% PEG 20 M ปรับอุณหภูมิของคอลัมน์ให้ได้ 70 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขณะเริ่มต้นฉีดสารเป็น 130 องศาเซลเซียสและปรับความไว (sensitivity) ของเครื่องให้เป็น $10^{-2} \times \frac{1}{4}$

ข.6 วิธีวิเคราะห์

ข.6.1 ฉีดสารละลายมาตรฐานผสมปริมาตร 0.005 ลูกบาศก์เซนติเมตร เข้าไปในก๊าซโครมาโตกราฟ วัดเวลาที่พีกปรากฏ แล้วคำนวณพื้นที่ใต้พีกของแต่ละพีก

ข.6.2 ฉีดสารละลายตัวอย่างปริมาตร 0.005 ลูกบาศก์เซนติเมตรเข้าไปในก๊าซโครมาโตกราฟ วัดเวลาที่พีกปรากฏ แล้วคำนวณพื้นที่ใต้พีกของแต่ละพีก

ข.7 วิธีคำนวณ

คำนวณปริมาณสารที่ระเหยได้ในสารละลายตัวอย่าง โดยการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีกทั้งหมดของสารละลายตัวอย่างกับของสารละลายมาตรฐานผสม

หมายเหตุ 1. สารที่ระเหยได้ได้แก่ สไตรีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน 1–(1–เมทิลเอทิล) เบนซีน และโปรปิลเบนซีน (รวม 5 ตัว)

2. พีกทั้งหมดที่เกิดขึ้นจะปรากฏก่อนหลังตามลำดับดังนี้ ตัวทำละลายอะซีโตน โทลูอีน เอทิลเบนซีน 1–(1–เมทินเอทิล)เบนซีน โปรปิลเบนซีน สไตรีน และตัวทำละลายเอน,เอน–ไดเมทิลฟอร์มามีด

ภาคผนวก ค.
การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว
(ตารางที่ 2)

ค.1 เครื่องมือ

ค.1.1 อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์พร้อมด้วยฮอลโลว์คะโทดแลมป์สำหรับตะกั่ว ที่วัดได้ที่ความยาวคลื่น 217 หรือ 283.3 นาโนเมตร

ค.1.2 เตาเผาไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้ สามารถให้ความร้อนได้ถึง 550 องศาเซลเซียส

ค.1.3 จานแพลทินัมหรือจานกระเบื้อง

ค.1.4 ปิเปต

ค.2 สารละลายและวิธีเตรียม

ค.2.1 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว ความเข้มข้น 4.83 มิลลิโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (1 000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)
ละลายตะกั่วบริสุทธิ์ (ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.99) 1 000 มิลลิกรัมในสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 7 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (1 : 1 โดยปริมาตร) โดยใช้สารละลายกรดน้อยที่สุด เมื่อละลายหมดแล้วใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร แล้วเติมน้ำจนถึงขีดปริมาตร

ค.2.2 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว ความเข้มข้น 0.48 มิลลิโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)
ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่วข้อ ค.2.1 มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำจนถึงขีดปริมาตร

ค.2.3 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว ความเข้มข้น 0.05 มิลลิโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)
ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่วข้อ ค.2.2 มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำจนถึงขีดปริมาตร

ค.2.4 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว ความเข้มข้น 0.02 มิลลิโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)
ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่วข้อ ค.2.3 มา 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำจนถึงขีดปริมาตร

ค.2.5 สารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยปริมาตร

ค.2.6 กรดซัลฟุริกเข้มข้น ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.84

ค.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ตัดปลาสติกจากถังตัวอย่างตรงบริเวณที่เป็นเนื้อเดียวกันให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ในจานแล้วนำไปชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 2.0 กรัม หยดกรดซัลฟุริกลงไปเล็กน้อย เผาด้วยเปลวไฟโดยตรงจนหมดควัน แล้วนำไปใส่ในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ละลายเถ้าด้วยสารละลายกรดไนตริกโดยใช้สารละลายกรดน้อยที่สุดกรองด้วยกระดาษกรอง เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

ค.4 วิธีวิเคราะห์

ค.4.1 ฉีดพ่นสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ความเข้มข้น 0.02 มิลลิโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เข้าไปในเปลวไฟ ปรับค่าการดูดกลืนให้ได้ค่าสูงสุด คือ 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ค.4.2 ฉีดพ่นสารละลายตัวอย่างเข้าไปในเปลวไฟ แล้ววัดค่าการดูดกลืน (a)

ค.4.3 ฉีดพ่นน้ำกลั่น(แบลงก์) เข้าไปในเปลวไฟ แล้ววัดค่าการดูดกลืน (b)

ค.5 วิธีคำนวณ

ปริมาณตะกั่ว มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง $= \frac{(a-b) \times V}{W}$

เมื่อ a คือ ค่าการดูดกลืนของสารละลายตัวอย่าง

b คือ ค่าการดูดกลืนของแบลงก์

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง เป็นกรัม

V คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ตามข้อ ค.3 เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

มอก. ๔๓๕ – ๒๕๒๕

ภาคผนวก ง.
การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียม
(ตารางที่ 2)

ง.1 เครื่องมือ

ง.1.1 อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์พร้อมด้วยฮอลโลว์คะโทดแลมป์สำหรับแคดเมียม ที่วัดได้ที่ความยาวคลื่น 228.8 นาโนเมตร

ง.2 สารละลายและวิธีเตรียม

ง.2.1 สารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยปริมาตร

ง.2.2 สารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร

ง.2.3 สารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ง.2.4 สารละลายมาตรฐานแคดเมียม ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ละลายแคดเมียมบริสุทธิ์ 100 มิลลิกรัมในสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร จำนวน 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไประเหยบนเครื่องอังน้ำจนแห้ง ละลายสารที่เหลือด้วยสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยปริมาตร จนมีปริมาตร 1 000 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วใช้ปิเปตดูดมา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

ง.3 วิธีวิเคราะห์

ง.3.1 ฉีดพ่นสารละลายมาตรฐานแคดเมียมตามข้อ ง.2.4 เข้าไปในเปลวไฟ ปรับค่าการดูดกลืนให้ได้ค่าสูงสุด คือ 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ง.3.2 ฉีดพ่นสารละลายตัวอย่างจากข้อ ค. 3 เข้าไปในเปลวไฟ แล้ววัดค่าการดูดกลืน (a)

ง.3.3 ฉีดพ่นน้ำกลั่น(แบลงก์)เข้าไปในเปลวไฟ แล้ววัดค่าการดูดกลืน (b)

ง.4 วิธีคำนวณ

ปริมาณแคดเมียม มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง $= \frac{(a-b)}{W} \times V$

เมื่อ a คือ ค่าการดูดกลืนของสารละลายตัวอย่าง

b คือ ค่าการดูดกลืนของแบลงก์

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง เป็นกรัม

V คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ตามข้อ ค.3 เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

Voluntary Product Standard PS 15-69

Custom Contact-Molded Reinforced-Polyester Chemical-Resistant Process Equipment

(This voluntary standard, initiated by the Society of the Plastics Industry, Inc., has been developed under the *Procedures for the Development of Voluntary Product Standards*, published by the Department of Commerce. See section 7, *History of Project*, for further information.)

1. PURPOSE

1.1. The purpose of this Product Standard is to establish on a national basis the standard sizes and dimensions and significant quality requirements for commercially available glass-fiber-reinforced chemical-resistant process equipment for chemical service. The information contained in this Product Standard will be helpful to producers, distributors, and users and will promote understanding between buyers and sellers.

2. SCOPE

2.1. This Product Standard covers materials, construction and workmanship, physical properties, and methods of testing reinforced-polyester materials for process equipment and auxiliaries intended for use in aggressive chemical environments, including but not limited to pipe, ducts, and tanks. The Standard is based on the technology of fabrication by hand lay-up or contact pressure molding. Methods for identifying products which comply with the requirements of this Standard are included.

2.2. This Standard does not cover: (1) resins other than polyesters, (2) reinforcing materials other than glass fibers, (3) laminate constructions, or (4) filament wound fabrication methods. (The industry has initiated the development of additional standards to cover these items.)

3. REQUIREMENTS

3.1. General

3.1.1. **Terminology**—Unless otherwise indicated, the plastics terminology used in this Standard shall be in accordance with the definitions given in American Society for Testing and Materials (ASTM) Designation D883-69, *Standard Nomenclature Relating to Plastics*.[1]

3.1.2. **General description**—This Standard describes glass-fiber-reinforced process equipment for chemical service. Other materials may be used for reinforcement of the surface exposed to the chemical environment. This Standard is not intended to cover selection of the exact resin or reinforcement combination for use in specific chemical and structural conditions. For recommended chemical resistance test procedures, see the appendix.

3.2. Materials

3.2.1. **Resin**—The resin used shall be of a commercial grade and shall either be evaluated as a laminate by test (see appendix for a recommended test) or determined by previous service to be acceptable for the environment.

3.2.2. **Fillers and pigments**—The resins used shall not contain

[1] Later issues of the ASTM publications specified in this Product Standard may be used providing the requirements are applicable and consistent with the issue designated. Copies of ASTM publications are obtainable from the American Society for Testing and Materials, 1916 Race Street, Philadelphia, Pa. 19103.

fillers except as required for viscosity control or fire retardance. Up to 5 percent by weight of thixotropic agent which will not interfere with visual inspection may be added to the resin for viscosity control. Resins may contain pigments and dyes by agreement between fabricator and purchaser, recognizing that such additions may interfere with visual inspection of laminate quality. Antimony compounds or other fire retardant agents may be added as required for improved fire resistance.

3.2.3. **Reinforcing material**—The reinforcing material shall be a commercial grade of glass fiber having a coupling agent which will provide a suitable bond between the glass reinforcement and the resin.

3.2.4. **Surfacing materials**—Unless otherwise agreed upon between fabricator and purchaser, material used as reinforcing on the surface exposed to chemical attack shall be a commercial grade chemical-resistant glass having a coupling agent.

Note: The use of other fibrous materials such as acrylic and polyester fibers and asbestos may affect the values obtained for the Barcol hardness of the surface.

3.3. **Laminate**—The laminate shall consist of an inner surface, an interior layer, and an exterior layer or laminate body. The compositions specified for the inner surface and interior layer are intended to achieve optimum chemical resistance.

3.3.1. **Inner surface**—The inner surface shall be free of cracks and crazing with a smooth finish and with an average of not over 2 pits per square foot, providing the pits are less than 1/8 inch in diameter and not over 1/32 inch deep and are covered with sufficient resin to avoid exposure of inner surface fabric. Some waviness is permissible as long as the surface is smooth and free of pits. Between 0.010 and 0.020 inches of reinforced resin-rich surface shall be provided.[2] This surface may be reinforced with glass surfacing mat, synthetic fibers, asbestos, or other material as usage requires.

3.3.2. **Interior layer**—A minimum of 0.100 inch of the laminate next to the inner surface shall be reinforced with not less than 20 percent nor more than 30 percent by weight of noncontinuous glass strands (see 4.3.1), e.g., having fiber lengths from 0.5 to 2.0 inches.

3.3.3. **Exterior layer**—The exterior layer or body of the laminate shall be of chemically resistant construction suitable for the service and providing the additional strength necessary to meet the tensile and flexural requirements. Where separate layers such as mat, cloth, or woven roving are used, all layers shall be lapped a minimum of 1 inch. Laps shall be staggered as much as possible. If woven roving or cloth is used, a layer of chopped-strand glass shall be placed as alternate layers. The exterior surface shall be relatively smooth with no exposed fibers or sharp projections. Hand work finish is acceptable, but enough resin shall be present to prevent fiber show.

3.3.3.1. When the outer surface is subject to a corrosive environment, the exterior surface shall consist of a chopped-strand glass over which shall be applied a resin-rich coating as described in 3.3.1. Other methods of surface protection may be used as agreed upon between buyer and seller.

3.3.4. **Cut edges**—All cut edges shall be coated with resin so that no glass fibers are exposed and all voids filled. Structural elements

[2] This resin-rich surface layer will usually contain less than 20 percent of reinforcing material. A specific limit is not included because of the impracticability of determining this value in the finished product.

having edges exposed to the chemical environment shall be made with chopped-strand glass reinforcement only.

3.3.5. **Joints**—Finished joints shall be built up in successive layers and be as strong as the pieces being joined and as crevice free as is commercially practicable. The width of the first layer shall be 2 inches minimum. Successive layers shall increase uniformly to provide the specified minimum total width of overlay which shall be centered on the joint. (See 3.3.1, 3.4.6.1, 3.5.6, and 3.6.5.) Crevices between jointed pieces shall be filled with resin or thixotropic resin paste, leaving a smooth inner surface. (See 3.3.1.) The interior of joints may also be sealed by covering with not less than 0.100 inch of reinforced resin-rich surface as described in 3.3.1 and 3.3.2.

3.3.6. **Wall thickness**—The minimum wall thickness shall be as specified in the tables under the appropriate sections, but in no case shall be less than 1/8 inch in the case of ducts and 3/16 inch in pipes and tanks regardless of operating conditions. Isolated small spots may be as thin as 80 percent of the minimum wall thickness, but in no case more than 1/8 inch below the specified wall thickness.

3.3.7. **Mechanical properties**—In order to establish proper wall thickness and other design characteristics, the minimum physical properties for any laminate shall be as shown in table 1 and 3.3.7.1. Laminates which do not meet the minimum values of table 1 are considered acceptable provided they are made to afford the same overall strength that would be obtained with a laminate meeting the specified thickness. For example, if the specified thickness for a laminate is 1/4 inch, reading from table 1 a minimum tensile strength of 12,000 psi is required. By multiplying thickness times minimum tensile strength a value of 3,000 pound breaking load for a 1-inch-wide specimen is obtained. A laminate having a tensile strength of 10,000 psi will, therefore, be acceptable for the 1/4-inch requirement if it has an actual thickness of at least 0.3 inch.

3.3.7.1. **Surface hardness**—The laminate shall have a Barcol hardness of at least 90 percent of the resin manufacturer's minimum specified hardness for the cured resin when tested in accordance with 4.3.5. This applies to both interior and exterior surfaces.

3.3.8. **Appearance**—The finished laminate shall be as free as commercially practicable from visual defects such as foreign inclusions, dry spots, air bubbles, pinholes, pimples, and delamination.

3.3.9. By agreement between buyer and seller, a representative laminate sample may be used for determination of acceptable surface finish and visual defects (see 3.3.1, 3.3.3, and 3.3.8).

TABLE 1. *Requirements for properties of reinforced-polyester laminates*

Property at 73.4 °F (23 °C)	Thickness (inches)			
	1/8 to 3/16	1/4	5/16	3/8 and up
	psi	*psi*	*psi*	*psi*
Ultimate tensile strength-minimum [1]	9,000	12,000	13,500	15,000
Flexural strength-minimum [2]	16,000	19,000	20,000	22,000
Flexural modulus of elasticity (tangent)-minimum [3]	700,000	800,000	900,000	1,000,000

[1] See 4.3.2.
[2] See 4.3.3.
[3] See 4.3.4.

3.4. Reinforced-polyester round and rectangular ducting[3]

3.4.1. Duct size and tolerances

3.4.1.1. Round ducting—The size of round ducting shall be determined by the inside diameter in inches. The standard sizes shall be 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 30, 36, 42, 48, 54, and 60 inches. Unless otherwise specified, the tolerance, including out-of-roundness, shall be ±1/16 inch for ducting up to and including 6-inch inside diameter, and ±1/8 inch or ±1 percent, whichever is greater, for ducting exceeding 6 inches in inside diameter.[4]

3.4.1.2. Rectangular ducting—The sizes of rectangular ducting shall be determined by the inside dimensions. There are no standard sizes for rectangular ducting. Unless otherwise specified, the tolerances on ordered sizes shall be ±3/16 inch for dimensions of 18 inches and under and ±1 percent for dimensions of over 18 inches.[4]

3.4.2. Lengths—Tolerances on overall lengths shall be ±1/4 inch unless arrangements are made to allow for field trimming.

3.4.3. Wall thickness—The minimum nominal thickness of round ducting shall be in accordance with table 2. For rectangular ducting, the minimum thickness shall be as specified in table 2, substituting the longer side for the diameter. See also 3.3.6.

3.4.4. Squareness of ends—Ends shall be square within ±1/8 inch for round ducting through 24-inch diameter and rectangular ducting through 72-inch perimeter; and ±3/16 inch for larger sizes of both round and rectangular ducting.

3.4.5. Fittings—Tolerances on angles shall be ±1° through 24 inches, ±7/8° for 30 inches, ±3/4° for 36 inches, ±5/8° for 42 inches, and ±1/2° for 48 inches and above. Wall thickness of fittings shall be at least that of ducting of the same size.

TABLE 2. *Reinforced-polyester round duct dimensions*[1]

I.D. *inches*	Wall thickness (Min.) *inches*	Allowable vacuum[2] *inches of water*	Allowable pressure[2] *inches of water*	Flange diameter (O.D.) *inches*	Flange thickness *inches*	Bolt circle diameter *inches*	Bolt hole diameter *inches*	No. of bolt holes
2	0.125	405	750	6-3/8	1/4	5	7/16	4
3	0.125	405	500	7-3/8	1/4	6	7/16	4
4	0.125	210	410	8-3/8	1/4	7	7/16	4
6	0.125	64	350	10-3/8	1/4	9	7/16	8
8	0.125	30	180	12-3/8	1/4	11	7/16	8
10	0.125	16	340	14-3/8	3/8	13	7/16	12
12	0.125	9	280	16-3/8	3/8	15	7/16	12
14	0.125	7	220	18-3/8	3/8	17	7/16	12
16	0.125	6	290	20-3/8	1/2	19	7/16	16
18	0.125	5	240	22-3/8	1/2	21	7/16	16
20	0.125	5	190	24-3/8	1/2	23	7/16	20
24	0.187	9	140	28-3/8	1/2	27	7/16	20
30	0.187	7	100	34-3/8	1/2	33	7/16	28
36	0.187	5	70	40-3/8	1/2	39	7/16	32
42	0.250	10	120	46-3/8	5/8	45	7/16	36
48	0.250	9	100	54-3/8	5/8	52	9/16	44
54	0.250	7	80	60-3/8	5/8	58	9/16	44
60	0.250	6	60	66-3/8	5/8	64	9/16	52

[1] 5 to 1 design factor of safety based on data in table 1. Also based on 10-foot lengths between stiffener rings for vacuum service.

[2] These ratings are suitable for use up to 180 °F (82.2 °C) in pressure service and ambient atmospheric temperatures on vacuum service. For ratings at higher temperatures consult the manufacturer.

[3] Rated at a minimum of 5-inch water vacuum and/or 50-inch water pressure. (See table 2.)

[4] See Footnote 9, page 14.

3.4.5.1. **Ells**—Standard ells shall have a centerline radius of one and one-half times the duct diameter.

3.4.5.2. **Laterals**—Standard laterals shall be 45°.

3.4.5.3. **Reducers, concentric or eccentric**—Length of standard reducers shall be five times the difference in diameters (D_1-D_2). Minimum wall thickness shall be that required for the larger diameter duct as given in table 2.

3.4.6. **Straight connections**

3.4.6.1. **Butt joint**—Strength of the butt joint shall be at least equal to that of the duct itself and shall be made in accordance with 3.3.5. Total minimum width of joint shall be 3 inches for 1/8 inch thickness, 4 inches for 3/16 inch thickness, and 6 inches for 1/4 inch thickness.

3.4.6.2. **Bell and spigot joint**—Straight duct shall be inserted into bell at least one-sixth of duct perimeter or 4 inches, whichever is less, and overwrapped in such a manner as to provide strength at least equal to that of the duct. The opening between the bell and spigot shall be sealed with thixotropic resin paste.

3.4.7. **Flanges**

3.4.7.1. **Flange dimensions**—Dimensions of reinforced plastic flanges for round ducts shall be in accordance with table 2. Flange thicknesses and width [(O.D.-I.D.)/2] of flange faces for rectangular ducts shall correspond to those for round ducts having the same diameter as the longer side of rectangular ducts.

3.4.7.2. **Flange attachment**—Duct wall at hub of flange shall be at least one and one-half times the normal thickness and taper to normal thickness over a distance of at least one flange width. Fillet radius shall be at least 3/8 inch at point where the hub meets the back of the flange.

3.4.7.3. **Face of flange**—Face of flange shall have no projections or depressions greater than 1/32 inch and shall be perpendicular to the centerline of the duct within 1/2°. A camber of 1/8 inch with respect to the centerline, measured at the O.D. of the flange, shall be allowable. The face of the flange shall have a chemical-resistant surface as described in 3.2.4 and 3.3.1.

3.4.7.4. **Drilling**—Standard flanges shall be supplied undrilled.

3.4.7.5. **Flange bolting**—The bolt holes shall straddle centerline unless otherwise specified. Unless otherwise specified, the number of bolt holes and diameters of bolt holes and bolt circles shall be in accordance with table 2. Rectangular flange width and bolt spacing shall be the same as that for diameters corresponding to the longer sides.

3.4.8. **Mechanical properties of ducts**

3.4.8.1. **Laminate**—The minimum mechanical properties shall be in accordance with table 1.

3.4.8.2. **Deflection**—Maximum deflection of a side on a rectangular duct shall not exceed 1 percent of the width of the side under operating conditions. Ribs or other special constructions shall be used if required to meet the deflection requirement.

3.4.9. **Stacks**—Special engineering consideration is required for structural design of stacks, and the manufacturers should be consulted.

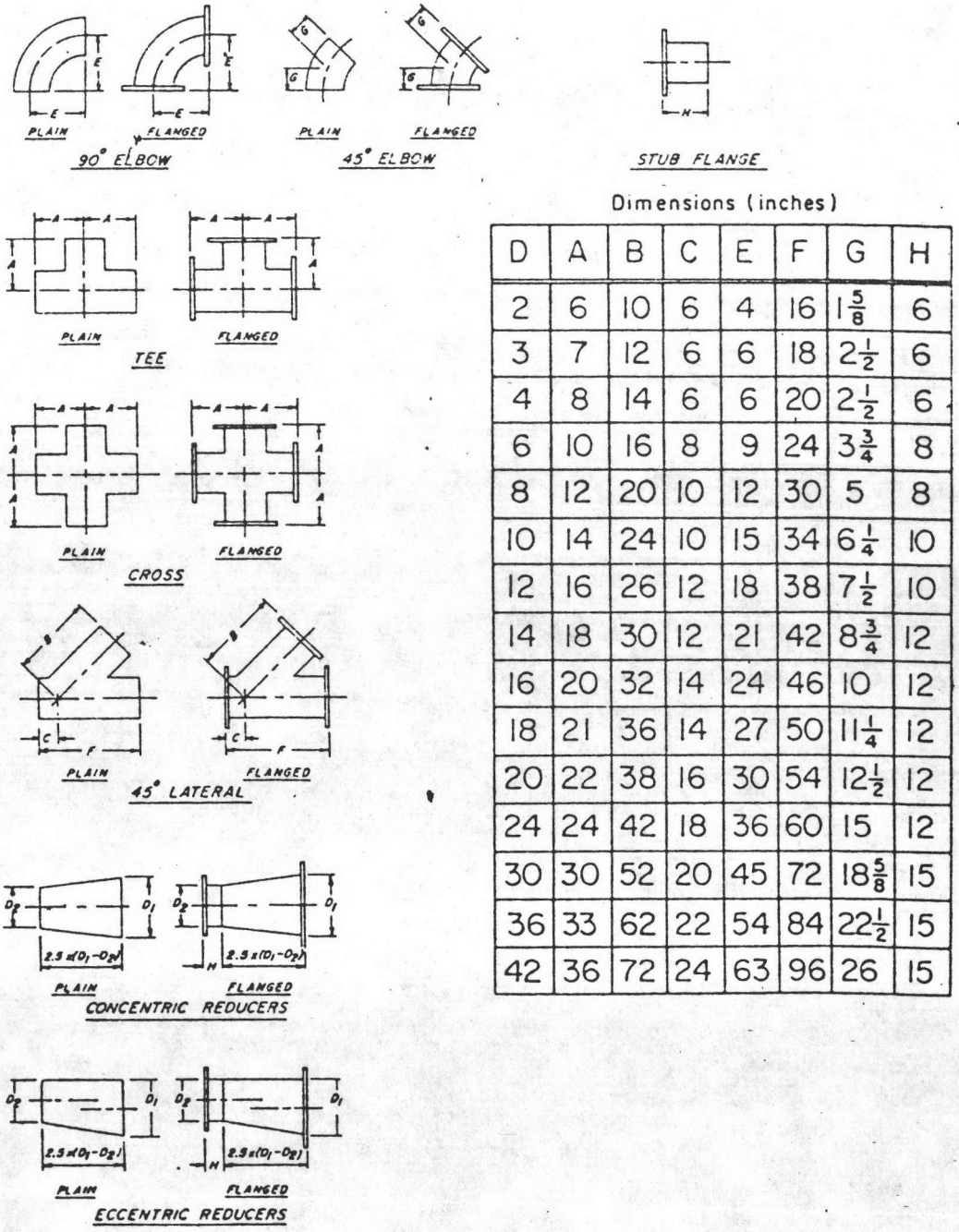
3.5. **Reinforced-polyester pipe** [5]

3.5.1. **Size**—The standard pipe size shall be the inside diameter in

[5] Rated from full vacuum to 150 psi (see table 3).

inches. Standard sizes are 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 30, 36, and 42 inches. The tolerance including out-of-roundness shall be ±1/16 inch for pipe up to and including 6-inch inside diameter, and ±1/8 inch or ±1 percent, whichever is greater, for pipe exceeding 6 inches in inside diameter. This measurement shall be made at the point of manufacture with the pipe in an unstrained vertical position.

3.5.2. **Length**—The length of each fabricated piece of pipe shall not vary more than ±1/8 inch from the ordered length unless arrangements are made to allow for trim in the field.



Dimensions (inches)

D	A	B	C	E	F	G	H
2	6	10	6	4	16	1 5/8	6
3	7	12	6	6	18	2 1/2	6
4	8	14	6	6	20	2 1/2	6
6	10	16	8	9	24	3 3/4	8
8	12	20	10	12	30	5	8
10	14	24	10	15	34	6 1/4	10
12	16	26	12	18	38	7 1/2	10
14	18	30	12	21	42	8 3/4	12
16	20	32	14	24	46	10	12
18	21	36	14	27	50	11 1/4	12
20	22	38	16	30	54	12 1/2	12
24	24	42	18	36	60	15	12
30	30	52	20	45	72	18 5/8	15
36	33	62	22	54	84	22 1/2	15
42	36	72	24	63	96	26	15

FIGURE 1. Dimensions of reinforced-polyester pipe fittings.

3.5.3. **Wall thickness**—The minimum wall thickness of the pipe shall be in accordance with table 3. See also 3.3.6.

3.5.4. **Squareness of ends**—All unflanged pipe shall be cut square with the axis of the pipe within ±1/8 inch up to and including 24-inch diameter and to within ±3/16 inch for all diameters above 24 inches.

3.5.5. **Fittings**—All fittings such as elbows, laterals, T's, and reducers shall be equal or superior in strength to the adjacent pipe section and shall have the same diameter as the adjacent pipe. The dimensions of fittings shall be as shown in figure 1. Tolerance on angles of fittings shall be ±1° through 24 inches in diameter and ±1/2° for 30-inch diameter and above. Where necessary, minimum overlay widths may be less than those specified in table 4, but the joint strength shall be at least equal to the strength of the adjacent pipe.

3.5.5.1. **Elbows**—Standard elbows shall have a centerline radius of one and one-half times the diameter. Standard elbows up to and including 24 inches shall be molded of one piece construction. Elbows of 30-inch diameter and larger may be of mitered construction using pipe for the mitered sections. The width of the overlay on the mitered joint may have to be less than the minimum specified in table 4 to avoid interference on the inner radius, but the joint strength must be at least equal to the strength of the adjacent pipe. Mitered elbows 45° or less will be one-miter, two section. Elbows above 45° through 90° shall have a minimum of two miters. Incorporation of straight pipe extensions on elbows is permissible.

3.5.5.2. **Reducers**—Reducers of either concentric or eccentric style will have a length as determined by the diameter of the large end of the reducer as indicated in figure 1.

3.5.6. **Butt joints**—This type of joint shall be considered the standard means of joining pipe sections and pipe to fittings. The procedure used in making the butt joint will be as outlined in 3.3.5. All pipe 20 inches in diameter and larger shall be overlaid both inside, when accessible, and outside. Pipe less than 20 inches in diameter shall be outside overlaid. The minimum width of the overlay shall relate to wall thickness and shall be of the dimensions indicated in table 4. Inside overlaps may be made to seal the joint if necessary, but shall not be considered in meeting the strength requirement specified in 3.3.5.

3.5.7. **Flanges**—The use of flanges shall normally be kept to a minimum with the butt joint being used as the standard means of joining pipe sections. All flanges shall be of the minimum thickness given in table 5 and accompanying illustration. The construction of flanges is the same as that for laminates. (See 3.3.)

3.5.7.1. **Flange attachment**—The minimum flange shear surface shall be four times the flange thickness indicated in table 5. The thickness of the flange hub reinforcement measured at the top of the fillet radius shall be at least one-half the flange thickness and shall be tapered uniformly the length of the hub reinforcement. The fillet radius, where the back of the flange meets the hub, shall be 3/8 inch minimum.

3.5.7.2. **Flange face**—The flange face shall be perpendicular to the axis of the pipe within 1/2° and shall be flat to ±1/32 inch up to and including 18-inch diameter and ±1/16 inch for larger diameters. The face of the flange shall have a chemical resistant surface as described in 3.2.4 and 3.3.1.

TABLE 3. *Reinforced-polyester pipe wall thickness*

Pipe size	Minimum pipe wall thicknesses[1] at pressure ratings:					
	25 psi	50 psi	75 psi	100 psi	125 psi	150 psi
inches	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*
2	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16
3	3/16	3/16	3/16	3/16	1/4	1/4
4	3/16	3/16	3/16	1/4	1/4	1/4
6	3/16	3/16	1/4	1/4	5/16	3/8
8	3/16	1/4	1/4	5/16	3/8	7/16
10	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2
12	3/16	1/4	3/8	7/16	1/2	5/8
14	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4
16	1/4	5/16	7/16	9/16	11/16	
18	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	
20	1/4	3/8	1/2	11/16		
24	1/4	7/16	5/8	13/16		
30	5/16	1/2	3/4			
36	3/8	5/8				
42	3/8	3/4				

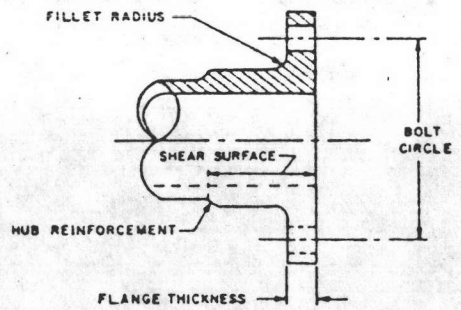
[1] The specified wall thicknesses are based upon a 10 to 1 safety factor for the tensile strength listed in table 1. These ratings are suitable for use up to 180 °F (82.2 °C); for ratings at higher temperatures, consult the manufacturer. For vacuum service see 3.5.9.

TABLE 4. *Minimum total widths of overlays for reinforced-polyester butt joints*

Pipe wall thickness, inches	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4
Minimum total width of overlay, inches	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

3.5.7.3. Other flange designs—Other flanges agreed upon between the fabricator and the user are acceptable provided that they produce a tight joint at twice the pressures established for standard joints.

3.5.8. Mechanical properties of pipe—The minimum mechanical properties of pipe shall be in accordance with table 1.



3.5.9. Vacuum service—In sizes 2 through 18 inches, reinforced-polyester pipe and fittings have an internal pressure rating of 125 psi. Flanges having a rating of 25 psi are suitable for full vacuum service. Special engineering consideration is required for larger pipe sizes and for operation at temperatures above ambient atmospheric temperature.

3.5.10. Recommended installation practice

3.5.10.1. Pipe hangers and spacing—Hangers shall be band type hangers contacting a minimum of 180° of the pipe surface. The maximum pipe hanger spacing shall be in accordance with table 6.

3.5.10.2. Underground installation—Special consideration must be given to installing pipe underground. It is recommended that the manufacturer be consulted for installation procedures.

3.5.10.3. Expansion—Since the expansion rate of this plastic pipe is several times that of steel, proper consideration should be given to any pipe installation to accommodate the overall linear expansion.

TABLE 5. *Minimum flange thickness for reinforced-polyester pressure pipe*[1 2 3]

Pipe size	Minimum flange thickness at design pressures:					
	25 psi	50 psi	75 psi	100 psi	125 psi	150 psi
inches	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*
2	1/2	1/2	1/2	9/16	5/8	11/16
3	1/2	1/2	5/8	11/16	3/4	13/16
4	1/2	9/16	11/16	13/16	7/8	15/16
6	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1-1/16
8	9/16	3/4	7/8	1	1-1/8	1-1/4
10	11/16	7/8	1-1/16	1-3/16	1-5/16	1-7/16
12	3/4	1	1-1/4	1-7/16	1-5/8	1-3/4
14	13/16	1-1/16	1-5/16	1-1/2	1-3/4	1-7/8
16	7/8	1-3/16	1-7/16	1-5/8	1-7/8	
18	15/16	1-1/4	1-1/2	1-3/4	2	
20	1	1-5/16	1-5/8	1-7/8		
24	1-1/8	1-1/2	1-7/8			
30	1-3/8	1-7/8				
36	1-3/4					
42	2					

[1] Based on flat-faced flanges with full-face soft gaskets.
[2] Flange dimensions (except thickness) and bolting correspond to the following standards:
2-inch through 24-inch sizes: USA Std. B16.5 for 150 lb steel flanges.
30-inch through 42-inch sizes: USA Std. B16.1 for 125 lb C.I. flanges.
[3] This table is based on a safety factor of 8 to 1 and a flexural strength of 20,000 psi. This latter value is slightly under the minimum flexural strength for laminates of 3/8 inch and up (see table 1), due to the manufacturing technique.

3.5.10.4. Bolts, nuts, and washers—Bolts, nuts, and washers shall be furnished by the customer. Metal washers shall be used under all nut and bolt heads. All nuts, bolts, and washers shall be of materials suitable for use in the exterior environment.

3.5.10.5. Gaskets—Gaskets shall be furnished by the customer. Recommended gasketing materials shall be a minimum of 1/8 inch in thickness with a suitable chemical resistance to the service environment. Gaskets should have a Shore A or Shore A2 Hardness of 40 to 70.

3.6. Reinforced-polyester tanks (stationary nonpressure vessels)

3.6.1. Cylindrical flat-bottom vertical tanks

3.6.1.1. Sizes—Standard tank sizes are 2, 2-1/2, 3, 3-1/2, 4, 4-1/2, 5, 5-1/2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, and 12 feet in inside diameter.

3.6.1.2. Dimensions and tolerances—The tank diameter shall be measured internally. Tolerance on the inside diameter, including out-of-roundness, shall be ±1 percent. Measurement shall be taken with tank in vertical position. Taper, if any, shall be increasing and shall be added to the nominal diameter. Taper shall not exceed 1/2° per side. Tolerance on overall height shall be ±1/2 percent, but shall not exceed ±1/2 inch. The radius at bottom to wall shall be a minimum of 1-1/2 inches.

3.6.1.3. Wall thickness—The minimum wall thickness shall be in accordance with table 7. See also 3.3.6.

3.6.2. Horizontal cylindrical tanks

3.6.2.1. Sizes, dimensions, and tolerances—These shall be the same as for vertical cylindrical tanks (see 3.6.1.). Standard end closures shall be standard convexed, domed heads with a maximum radius of curvature equal to the tank diameter. The knuckle radius shall be a minimum of 1-1/2 inches.[6]

3.6.2.2. Support cradle—Two support cradles shall be provided. The cradles shall be at least 6 inches wide, supporting at least 120° of the tank circumference. Wear plates (reinforced areas), 12 inches wide, covering 180° of the support surface shall be provided when required. Laminate construction and minimum thickness shall be as agreed upon between fabricator and purchaser. Tanks longer than 24 feet require special design and support consideration.

3.6.2.3. Wall thickness—The minimum wall thickness shall be in accordance with table 8. See also 3.3.6.

3.6.3. Rectangular tanks

3.6.3.1. Sizes—There are no standard sizes for rectangular tanks.

3.6.3.2. Dimensions and tolerances—The length and width shall be measured internally. Tolerances on nominal dimensions of length and width shall be ±1/4 inch or ±1/4 percent, whichever is greater. Overall height tolerance shall be ±3/8 inch. Taper is increasing and should be added to the nominal dimensions. Taper should not exceed 1/2° per side.

3.6.3.3. Side wall—Deflection shall not exceed 1/2 percent of span at any location when tested by filling with water.

3.6.3.4. Wall thickness—Since the design of rectangular tanks is considerably more complex than that of cylindrical tanks, no simple chart of wall thickness can be given. However, the minimum wall should be similar to that for cylindrical tanks with consideration

TABLE 6. *Maximum spacing of pipe hangers for reinforced-polyester pressure pipe*[1]

Pipe I.D.	Maximum pipe hanger spacing at pressure ratings:					
	25 psi	50 psi	75 psi	100 psi	125 psi	150 psi
inches	*feet*	*feet*	*feet*	*feet*	*feet*	*feet*
2	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
3	6.5	6.5	6.5	6.5	8.0	8.0
4	7.0	7.0	7.0	8.5	8.5	8.5
6	8.0	8.0	9.0	9.0	10.0	10.5
8	8.5	10.0	10.0	10.5	11.0	11.5
10	9.5	10.5	11.5	12.0	12.5	13.0
12	10.0	11.5	12.5	13.0	13.5	14.0
14	11.5	12.5	13.0	14.0	15.0	15.5
16	12.0	13.0	14.0	15.5	16.5	17.0
18	12.5	14.5	15.0	16.0	16.5	17.5
20	12.5	15.0	15.5	17.0	18.0	18.5
24	8.5	15.0	17.0	18.5	19.0	
30	9.5	17.5	19.5	21.0		
36	10.5	19.5	21.0			
42	8.0	21.0	22.5			

[1] The above table is based on uninsulated pipe containing liquids having a specific gravity of 1.3 and at a maximum temperature of 180 °F. For services at temperatures above 180 °F (82.2 °C), consult the manufacturer relative to hanger spacing.

[6] Larger knuckle radii are commonly used, such as for ASME torispherical heads.

TABLE 7. *Minimum wall and bottom thickness of vertical tanks relative to diameter and distance from top* [1]

Distance from top	Minimum wall and bottom thickness for tanks of diameter:														
feet	2 ft	2½ ft	3 ft	3½ ft	4 ft	4½ ft	5 ft	5½ ft	6 ft	7 ft	8 ft	9 ft	10 ft	11 ft	12 ft
2	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16
4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16
6	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/4	1/4	1/4
8	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	5/16
10	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	5/16	5/16	5/16
12	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	5/16	5/16	5/16	3/8
14	3/16	3/16	3/16	3/16	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	5/16	5/16	5/16	5/16	3/8	3/8
16	3/16	3/16	3/16	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	5/16	5/16	3/8	3/8	3/8	7/16
18	3/16	3/16	3/16	1/4	1/4	1/4	1/4	5/16	5/16	5/16	3/8	3/8	3/8	7/16	1/2
20	3/16	3/16	1/4	1/4	1/4	1/4	5/16	5/16	5/16	3/8	3/8	3/8	7/16	1/2	1/2
22	3/16	1/4	1/4	1/4	1/4	5/16	5/16	5/16	5/16	3/8	3/8	7/16	1/2	1/2	9/16
24	3/16	1/4	1/4	1/4	1/4	5/16	5/16	5/16	3/8	3/8	7/16	1/2	1/2	9/16	5/8

[1] Based on a safety factor of 10 to 1 using mechanical property data in table 1 and a liquid specific gravity of 1.2. For tanks intended for service above 180 °F (82.2 °C) consideration in design should be given to the physical properties of the material at the operating temperature. Tanks with physical loadings, such as agitation, should be given special design consideration.

TABLE 8. *Minimum wall and head thicknesses for reinforced-polyester horizontal cylindrical tanks using two support cradles*[1]

Tank length	Minimum wall and head thickness for tanks of diameter[2]							
	2 ft	3 ft	4 ft[3]	5 ft[3]	6 ft[4]	8 ft[5]	10 ft[6]	12 ft[7]
ft	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*	*inches*
8	3/16	3/16	1/4	1/4	5/16	5/16	7/16	9/16
10	3/16	1/4	1/4	5/16	5/16	3/8	7/16	9/16
12	3/16	1/4	1/4	5/16	5/16	7/16	1/2	5/8
14	1/4	1/4	5/16	5/16	3/8	1/2	9/16	3/4
16	1/4	5/16	5/16	3/8	3/8	9/16	11/16	13/16
18	1/4	5/16	3/8	7/16	7/16	5/8	13/16	15/16
20	5/16	5/16	3/8	7/16	1/2	11/16	7/8	1-1/16
22	5/16	3/8	3/8	1/2	9/16	3/4	15/16	1-3/16
24	5/16	3/8	7/16	1/2	5/8	13/16	1	1-1/4

[1] Based on 5 to 1 safety factor using the mechanical property data in table 1, a liquid specific gravity of 1.2, and support cradles located 1/12 of tank length from each end. For tanks intended for service above 180 °F (82.2 °C) consideration in design should be given to the physical properties of the material at the operating temperature. Tanks with physical loadings (such as agitation), other support designs, stiffening rings, or for use in situations requiring higher safety factors should be given special design consideration. In the use of more than two support cradles, maintenance of uniform support of the tank at all points of support is essential.

[2] For intermediate standard tank inside diameters given in 3.6.1.1, the minimum wall and head thickness shall be that given in this table for the next higher diameter.

[3] Wear plates required for 8-foot tank length.

[4] Wear plates required for 8-, 10-, and 12-foot tank lengths.

[5] Wear plates required for tanks 8 to 18 feet long, inclusive.

[6] Wear plates required for tanks 8 to 20 feet long, inclusive.

[7] Wear plates required for all tank lengths.

given to the height of the tank relative to loadings and the largest span relative to deflection. External ribs shall be used to prevent side wall deflection from exceeding the tolerance in 3.6.3.3. See also 3.3.6.

3.6.4. Mechanical property requirements for tanks—The minimum mechanical properties shall be as specified in table 1.

3.6.5. Shell joints—Where tanks are manufactured in sections and joined by use of a laminate bond, the joint shall be glass-fiber-reinforced resin at least the thickness of the heaviest section being joined. The reinforcement shall extend on each side of the joint a sufficient distance to make the joint at least as strong as the tank wall and shall be not less than the minimum joint widths specified in table 9. The reinforcement shall be applied both inside and out with the inner reinforcement considered as a corrosion resistant barrier only and not structural material. The inner reinforcement shall consist of a minimum of 3 ounces of glass per square foot, followed by 0.010 inch to 0.020 inch of surfacing material (see 3.3.5).

3.6.6. Flanges

3.6.6.1. Flanged nozzles—Flanges for liquid inlets and outlets shall meet the same requirements as for pipe (see 3.5.7 to 3.5.7.3 inclusive). At assembly there shall be a minimum dimension of 4 inches from the flange face to the tank. Where angular loadings are anticipated, the flange nozzle shall be supported by a minimum of three gussets or by other suitable means of structural support.

3.6.6.2. Assembly of flanges—Standard orientation will have bolt holes straddling principal centerline of vessel unless otherwise specified.

3.6.6.3. Tolerances—Tolerances on flange construction shall be the same as for pipe flanges (see 3.5.7 and table 5). Location of nozzles on the vessel shall be held to ±1/8 inch.

3.6.7. Recommended installation practice

3.6.7.1. Flat bottom tanks should be supported on a flat surface or on properly-spaced dunnage. It is recommended, where possible, that a flat surface, preferably a reasonably soft surface (confined sand or cinder-filled pad, plywood-surfaced concrete or a concrete grout) be used. Where full bottom support is not possible, special bottom design is required.

3.6.7.2. Closed tanks should have a properly sized vent.

TABLE 9. *Minimum total widths of overlays for reinforced-polyester tank shell joints*

Tank wall thickness, inches	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4
Minimum of outside overlay width, inches	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Minimum of inside overlay width, inches	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6

4. INSPECTION AND TEST PROCEDURES

4.1. **Specimens**—Tests shall be made on specimens cut from waste areas when possible: otherwise, the specimens shall be cut from flat laminates prepared in the same construction and by the same techniques as the process equipment. In all cases, the average value of the indicated number of specimens shall be used to determine conformance with the detailed requirements.

4.2. **Conditioning**—The test specimens shall be conditioned in accordance with Procedure A of ASTM Designation D618-61, *Standard Methods of Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing.*[7]

4.3. **Tests**

4.3.1. **Glass content**—The glass content shall be determined in accordance with ASTM Designation D2584-67T, *Tentative Method of Test for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins,*[8] except that the specimens tested shall be approximately 1 square inch in area, and low temperature preignition prior to placement in muffle furnace is recommended. The average for five specimens shall be considered to be the glass content.

4.3.2. **Tensile strength**—Tensile strength shall be determined in accordance with ASTM Designation D638-68, *Standard Method of Test for Tensile Properties of Plastics,*[7] except that the specimens shall be the actual thickness of the fabricated article and the width of the reduced section shall be 1 inch. Other dimensions of specimens shall be as designated by the ASTM standard for Type I specimens for materials over 1/2 inch to 1 inch inclusive. Specimens shall not be machined on the surface. Tensile strength shall be the average of five specimens tested at 0.20 to 0.25 in/min speed.

4.3.3. **Flexural strength**—Flexural strength shall be determined in accordance with Procedure A and table 1 of ASTM Designation D790-66, *Standard Method of Test for Flexural Properties of Plastics,*[7] except that the specimens shall be the actual thickness of the fabricated article and the width shall be 1 inch. Other dimen-

[7] See footnote 1, page 1.

sions of specimens shall be as designated by the ASTM standard. Specimens shall not be machined on the surface. Tests shall be made with the resin-rich side in compression using five specimens.

4.3.4. **Flexural modulus**—The tangent modulus of elasticity in flexure shall be determined by ASTM Method D790-66 (see 4.3.3).

4.3.5. **Hardness**—The hardness shall be determined in accordance with ASTM Designation D2583-67, *Standard Method of Test for Indentation Hardness of Plastics by Means of a Barcol Impressor.*[8] Calibration of the Barcol instrument shall be verified by comparing with blank specimens having known readings of 85 to 87 and 42 to 46. Ten readings on the clean resin-rich surface shall be made. After eliminating the two high and two low readings, the average of the remainder shall be the reported hardness reading.

4.3.6. **Additional tests**—Recommended test methods for the further testing of reinforced-polyester laminates are given in the appendix. These test methods are included as recommendations and are not to be considered as requirements from the standpoint of determining compliance with the Standard.

5. IDENTIFICATION

5.1. **Labels and literature**—In order that purchasers may identify products complying with all requirements of this Voluntary Product Standard, producers choosing to produce such products in conformance with this voluntary Standard may include a statement in conjunction with their name and address on labels, invoices, sales literature, and the like. The following statement is suggested when sufficient space is available:[9]

> This product conforms to all of the requirements established in Product Standard PS 15-69, developed cooperatively with the industry and published by the National Bureau of Standards under the Voluntary Product Standards procedures of the U.S. Department of Commerce. Full responsibility for the conformance of this product with the standard is assumed by (name and address of producer or distributor).

5.1.1. The following abbreviated statement is suggested when available space on labels is insufficient for the full statement[9]:

> Conforms to PS 15-69 (name and address of producer or distributor).

6. EFFECTIVE DATE

6.1. The effective date of a Voluntary Product Standard is the date upon which reference to the Standard may be made by producers, distributors, users and consumers, and other interested parties. Compliance by producers with the requirements of a Product Standard may not actually occur until some time after the effective date. Products shall not be labeled or otherwise described as conforming to a Product Standard until such time as all applicable requirements established in the Standard are met. The effective date of this Standard is November 15, 1969.

---

[8] See footnote 1, page 1.

[9] All tolerances exceeding those stated in 3.4.1.1 and 3.4.1.2 shall be identified as exceptions in statements representing compliance with this Standard.

ประวัติผู้เขียน

นายกฤษฎา เย็นบุตร เกิดเมื่อวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ. 2497 ที่โรงพยาบาลหญิง กรุงเทพมหานคร ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต แผนกอุตสาหการ (โรงงาน) คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2520 ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งหัวหน้าส่วนเทคนิค บริษัทพรีเมียร์โพรดักส์จำกัด