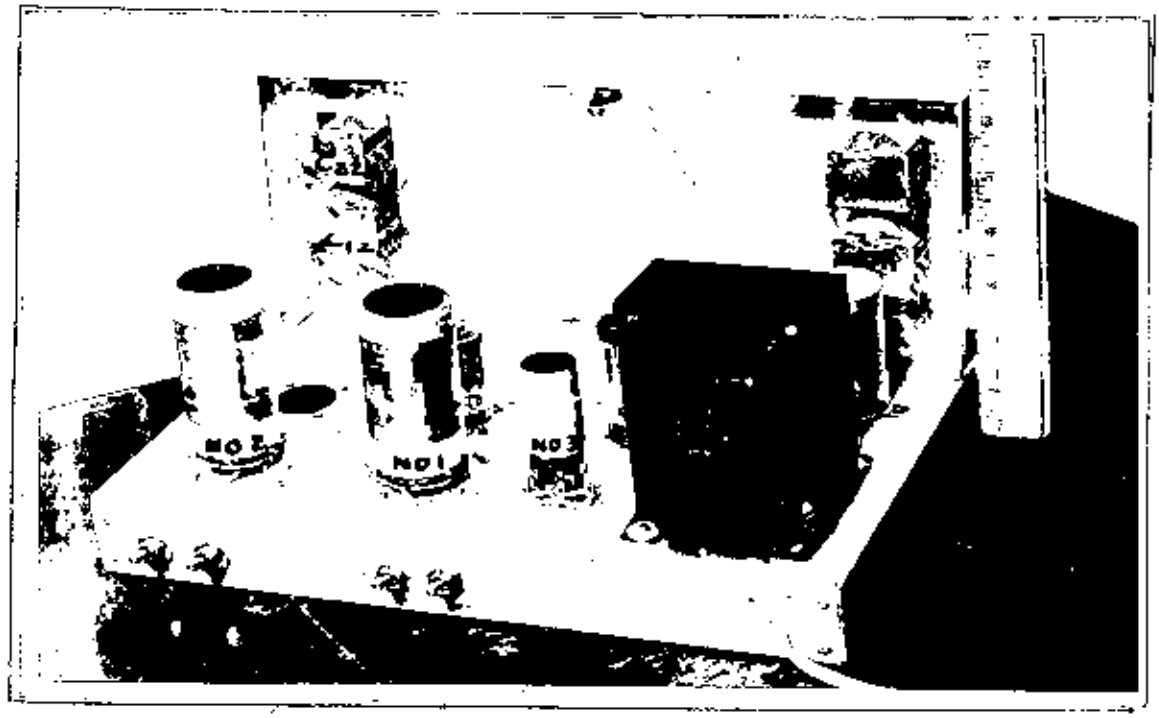
บทที่ 5

ใช้ ELECTROL วัดความชื้นใน MOLDING SAND

จากผลการทดลองในบทที่ 4 รูปที่ 4.8 จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้า I_{12} เปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรงกับ variable condenser C_{12} เมื่อนำทรายที่มีความชื้นต่าง ๆ กันมาใส่ใน detector plates ที่สร้างไว้ และนำมาต่อขนานกัน C_{12} ของ circuit NO.2 milliampere meter M จะอ่านความชื้นของทรายเป็นกระแสไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนโดยตรงกันกับความชื้นเช่นเดียวกัน เพื่อที่จะให้ meter M อ่านความชื้นเป็นเปอร์เซนต์ จึงได้ทำการ calibrate เทียบกับความชื้นที่ถูกต้องเสียก่อน รูปที่ 5.1 แสดงเครื่องมือ Electrol ซึ่งสร้างขึ้นตาม circuit ในรูปที่ 2.4 หน้า 11



รูปที่ 5.1 เครื่องมือ Electrol

5.1 ใช้ Electrol วัดความชื้น

วิธีวัดความชื้นที่เป็นจริงใน molding sand ใช้วิธี Drying Method คือนำ molding sand ที่มีความชื้นต่าง ๆ กันมาชั่งน้ำหนัก และนำไปเผาในเตาอบที่มีอุณหภูมิสูงระหว่าง 220° F ถึง 300° F เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาชั่งใหม่ น้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของความชื้น ดังนั้นจึงคำนวณหาความชื้นเป็นเปอร์เซนต์ได้

5.1.1 เครื่องมือที่ใช้ประกอบในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการวัดความชื้นและใช้กับ Electrol มีดังนี้

(1) ตาชั่งชนิดละเอียด Mod. NO.200, Serial NO. M 14762 ของบริษัท Voland and Sons, Inc.

(2) ถ้วย crucibles 10 ใบ ชนิด High form crucibles, Size O ของบริษัท W.H. Curtin and Co.

(3) เตาอบไฟฟ้า Temco, Mod. CP 415 T, Serial NO.S8A1,110V, 30A, 60 cycles

(4) Microampere Meter, UA/D401 , Simpson ขนาด 0 - 50

(5) Slide Regulator, 110/220 V, 10A ของบริษัท Matunaga MFG. Co., Ltd.

สำหรับความชื้นที่อ่านได้จาก Electrol ในหน่วยของกระแสไฟฟ้าใช้ microampere meter UA/D401 เป็นเครื่องวัด

5.1.2 DETECTOR PLATES

Detector Plates สร้างขึ้นเพื่อบรรจุทรายที่ต้องการจะวัดความชื้นด้วย Electrol ประกอบด้วย plates ทำด้วยแผ่นอะลูมิเนียม 2 แผ่นขนาด 3 x 5 ตารางนิ้ว วางห่างกัน 3.85 นิ้ว (ดูรูปที่ 5.2)

การบรรจุทรายที่ต้องการวัดความชื้นบรรจุสูงเพียง 1.5 นิ้ว วิธีบรรจุทราย ตอนแรกใส่ทรายสูงประมาณ 1 นิ้วก่อน impact จนแน่น หลังจากนั้นใส่ทรายไปอีกพอสมควรโดยกะดูว่าเมื่อ impact แล้วจะได้ทรายสูง 1.5 นิ้วพอดี

ความชื้นของทรายเปลี่ยนได้โดยการผสมน้ำลงไปเพื่อจะได้เปอร์เซนต์ต่าง ๆ กัน ก่อนบรรจุทรายลงใน Detector Plates ต้องผสมให้ทรายกับน้ำเป็นเนื้อเดียวกัน (homogenious mixing)

5.1.3 OPERATING POINT ของ ELECTROL

รูปที่ 5.2 เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้น และกำลังทำการทดลองใช้วัดความชื้นใน molding sand จากการทดลองใช้ Electrol วัดความชื้นทราบว่า Electrol จะวัดความชื้นได้ดี sensitive และ linear ที่ operating point ดังนี้คือ

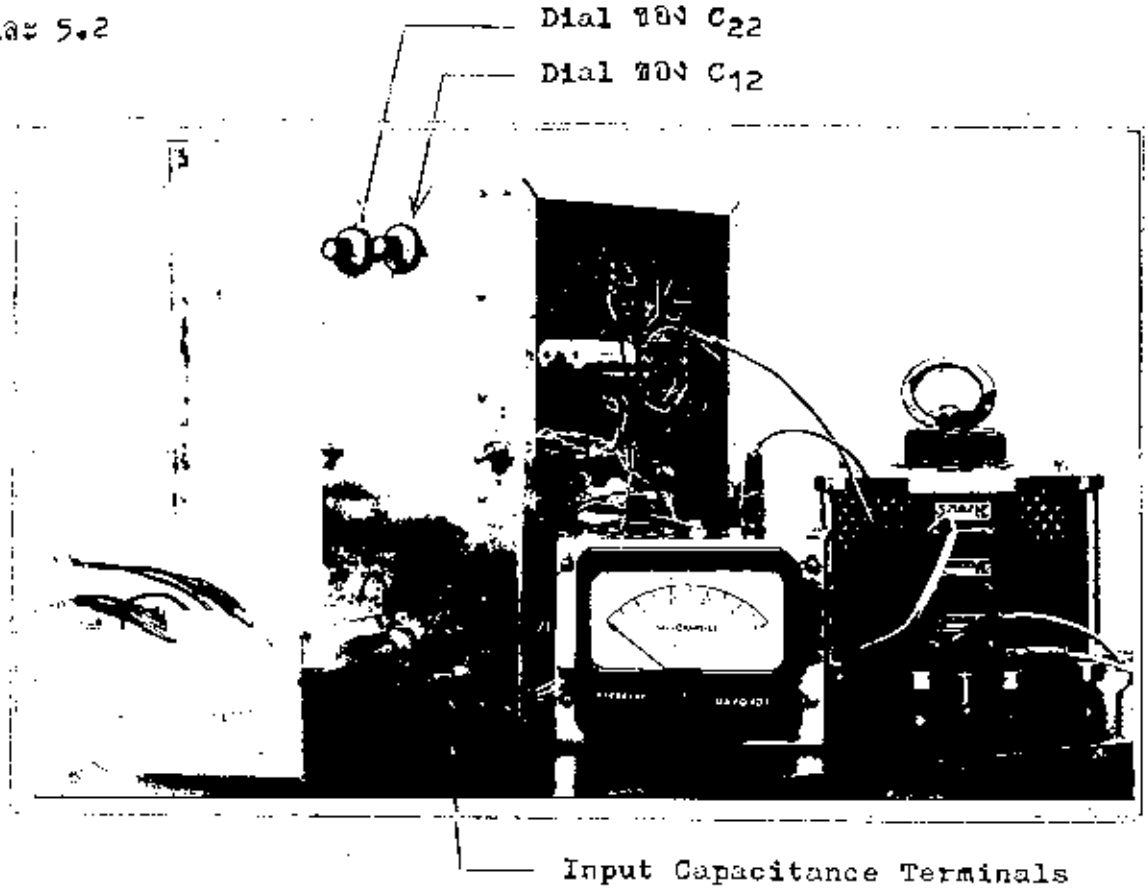
เมื่อปรับ $C_{21} = C_{22} = 420$ pf. (ตำแหน่ง 0.00)

$C_{12} = 50$ pf. (" 5.00)

และปรับ C_{11} จน microampere meter ชี้ที่ศูนย์ C_{11}, C_{21}, C_{12} และ C_{22} เป็น variable condensers ซึ่งปรับค่าได้ด้วยการหมุน dials ที่ติดอยู่ด้านหน้าของ Electrol ตามรูปที่ 5.2

5.1.4 ผลการทดลองวัดความชื้นใน Molding Sand

เมื่อปรับ Electrol ตาม operating point ดังกล่าวแล้วและนำทรายมาใส่ใน detector plates ใช้ลาย Leads 2 เส้นต่อกับขั้วของ detector plates และต่อเข้ากับ input capacitance terminals ของ Electrol ตามรูปที่ 5.2 microampere meter จะอ่านกระแสไฟฟ้าตรงกับเปอร์เซนต์ของความชื้นใน molding sand ส่วนความชื้นที่ถูกต้องของทรายหาได้โดยวิธี Drying Method คือนำทรายมาใส่ในถ้วย crucibles ซึ่งทราบน้ำหนักอยู่ก่อนแล้ว ทำการชั่งด้วยตาชั่งชนิดละเอียด หลังจากนั้นนำไปเผาในเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิระหว่าง 220° - 300° F เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ทำการชั่งทรายหลังจากเผาแล้วอีกครั้งหนึ่ง นำผลที่ได้นี้มาคำนวณหาเปอร์เซนต์ของความชื้น ในการทดลองวัดความชื้นดังกล่าวนี้ได้ทำการทดลอง 2 ครั้งด้วยกัน และได้ผลจากการทดลองตามตารางที่ 5.1 และ 5.2



รูปที่ 5.2 Electrol ขณะใช้ทดลองวัดความชื้นใน Molding Sand

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองวัดความชื้นของ molding sand ด้วย Electrol ครั้งที่ 1

ครั้งที่	ทรายชื้น+น.น.ถ้วย กรัม	ทรายแห้ง+น.น.ถ้วย กรัม	ความชื้นจากด้วย Electrol (microamperes)	ถ้วย	
				NO.	น้ำหนัก กรัม
1	24.520	24.310	2.50	2	9.530
2	23.945	23.620	3.50	3	9.315
3	23.365	22.930	5.50	4	9.705
4	22.245	21.720	8.50	6	9.585
5	21.670	21.010	11.20	7	9.315
6	20.415	19.675	11.50	9	8.960
7	22.600	21.620	13.20	8	9.045
8	22.700	21.720	16.00	12	9.655
9	23.115	21.870	19.50	13	9.255
10	26.860	25.035	21.00	2	9.530
11	22.465	20.775	25.10	3	9.315
12	22.455	20.540	29.60	4	9.705
13	25.145	22.555	33.60	5	9.695
14.	23.060	20.340	37.50	8	9.045

ตารางที่ 5.2 ผลการวัดความชื้นของ molding sand ด้วย Electrol ครั้งที่ 2

ครั้งที่	ทรายชื้น + น.น. ถ้วย กรัม	ทรายแห้ง + น.น. ถ้วย กรัม	ความชื้นจากเครื่อง Electrol (microamperes)	ถ้วย NO.
1	18.015	17.680	7.5	6
2	17.195	16.685	13.5	7
3	18.385	17.270	22.0	3
4	18.635	17.355	29.0	6
5	17.940	16.585	31.5	7
6	17.840	16.140	40.0	3
7	20.865	20.745	2.5	6
8	20.875	20.610	4.0	3
9	16.720	16.295	12.0	7
10	15.880	15.515	11.0	3
11	17.170	16.115	25.0	7
12	18.525	17.825	15.0	3
13	19.130	18.275	17.5	6
14	19.520	18.205	21.0	7
15	20.555	18.590	35.0	3

หมายเหตุ ถ้วย NO.3 หนัก 9.315 กรัม

" NO.6 " 9.585 "

" NO.7 " 9.315 "

5.1.5 ตัวอย่างการคำนวณหาความชื้นโดยวิธี Drying Method

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.1 และ 5.2 นำมาคำนวณหาเปอร์เซนต์ของความชื้นที่แท้จริง เพื่อใช้ calibrate เครื่องมือ เนื่องจากการคำนวณใช้วิธีเดียวกันทุกครั้งที่ทำการทดลอง จึงได้แสดงวิธีคำนวณเฉพาะการทดลองครั้งที่ 4 ของตารางที่ 5.1 เท่านั้น วิธีคำนวณดังแสดงตามตัวอย่าง

การทดลองครั้งที่ 4 ใช้ถ้วย NO. 6 หนัก = 9.585 กรัม

ทรายชื้น + น.น.ถ้วย	=	22.245	กรัม
ทรายแห้ง + น.น.ถ้วย	=	21.720	"
ความชื้นในทรายหนัก	=	0.525	"
น.น.ของทรายชื้น	=	22.245 - 9.585	"
	=	12.660	"
ความชื้นในทราย	=	$\frac{0.525}{12.660} \times 100$	เปอร์เซนต์
	=	4.15	"

จากการคำนวณนี้จะเห็นว่าทรายซึ่งมีความชื้นผสมอยู่ 4.15 เปอร์เซนต์ เมื่อนำมาใส่ใน detector plates ของ Electrol แล้วปรากฏว่า microampere meter M จะอ่านกระแสไฟฟ้าได้ 8.50 microamperes

ตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.4 เป็นผลที่ได้จากการคำนวณจากตารางที่ 5.1 และ 5.2 และนำผลนี้มา plot กราฟเพื่อใช้ calibrate เครื่องมือ Electrol เทียบกับความชื้นที่เป็นจริง ดังแสดงในรูปที่ 5.3 และ 5.4

ตารางที่ 5.3 กระแสไฟฟ้าที่อ่านด้วย Electrol กับเปอร์เซนต์ของความชื้นใน molding sand จากตารางที่ 5.1

microamperes (read by Electrol)	per cent of moisture content (by Drying Method)
2.5	1.40
3.5	2.20
5.5	3.20
8.5	4.15
11.2	5.80
11.5	6.46
13.2	7.23
16.0	7.50
19.5	8.99
21.0	10.52
25.1	12.84
29.6	15.00
33.6	16.80
37.5	19.50

ตารางที่ 5.4 กระแสไฟฟ้าที่อ่านด้วย Electrol กับเปอร์เซนต์ของความชื้นใน molding sand จากตารางที่ 5.2

microamperes (read by Electrol)	per cent of moisture content (by Drying Method)
7.5	3.90
13.5	6.54
22.0	11.13
29.0	14.15
31.5	15.80
40.0	19.90
2.5	1.07
4.0	2.30
12.0	5.84
11.0	5.60
25.0	12.75
15.0	7.51
17.5	8.85
21.0	10.10
35.0	17.5

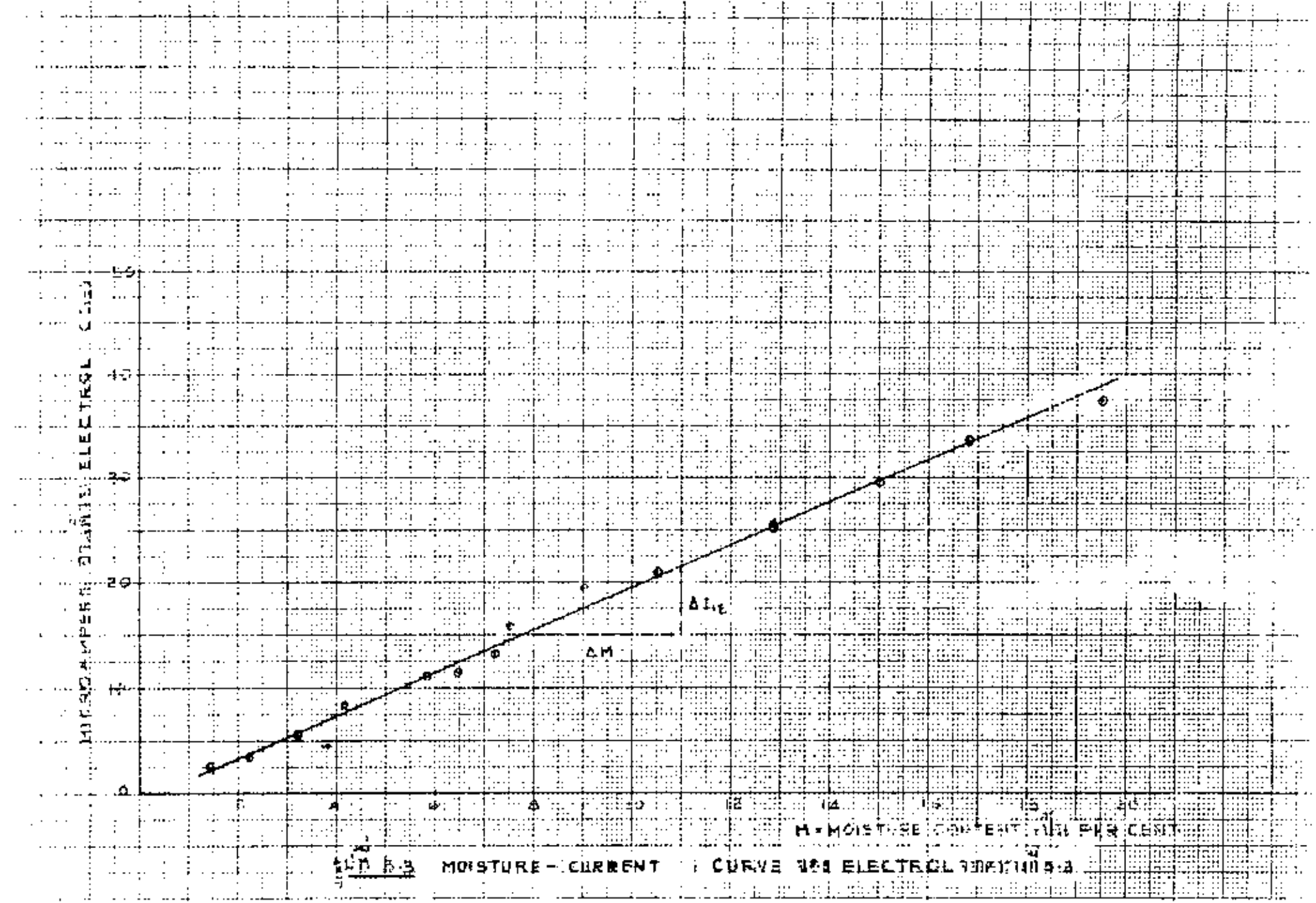


FIG 5.3 MOISTURE – CURRENT : CURVE FOR ELECTRODE SPECIMEN 5.3

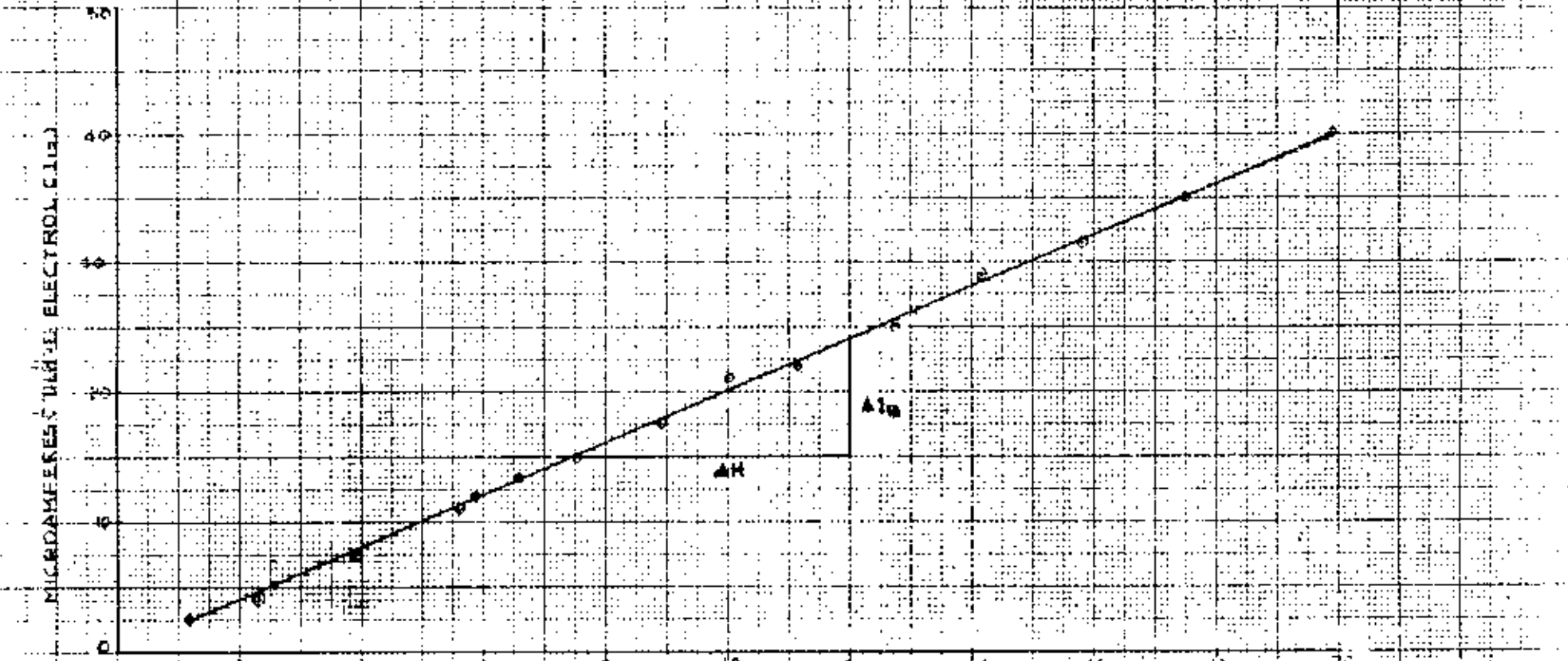


FIG. 5-A MOISTURE - CURRENT CURVE FOR ELECTROL SUBSTRATE S-A

5.1.6 SENSITIVITY ของ ELECTROL

Sensitivity ของ Electrol หมายถึงอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของเข็มบน scale ของ microampere meter กับเปอร์เซนต์ของความชื้นใน molding sand หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ slope ของ moisture - current curve ของ Electrol นั่นเอง

$$\text{Sensitivity} = \frac{\Delta I_{12}}{\Delta M} \quad \text{microamperes/per cent of moisture}$$

I_{12} = current อ่านด้วย Electrol เป็น microamperes

M = per cent ของ ความชื้นใน molding sand

จาก moisture - current curves รูปที่ 5.3 และ 5.4 หา sensitivity ได้ดังนี้

จากรูปที่ 5.3

$$\text{Sensitivity} = \frac{6.5}{3.2} \quad \text{microamperes/per cent of moisture}$$

$$= 2.03 \quad "$$

จากรูปที่ 5.4

$$\text{Sensitivity} = \frac{9.0}{4.5} \quad \text{microamperes/per cent of moisture}$$

$$= 2.00 \quad "$$

จาก moisture - current curves ทั้งสองดังกล่าวนี้จะเห็นว่า Electrol วัดความชื้นในหน่วยของกระแสไฟฟ้า Linear กับความชื้นที่เป็นจริง และให้ sensitivity ใกล้เคียงกันคือประมาณ 2.00

5.2 CALIBRATION CURVE ของ ELECTROL

Moisture - current curve ที่ได้จากการทดลองของรูปที่ 5.3 และ 5.4 จะเห็นได้ว่าที่ความชื้นค่าเดียวกัน Micro - ammeter จะอ่านค่าใกล้เคียงกันมาก ที่แตกต่างกันเล็กน้อยอาจจะเกิดเนื่องจาก Error ในการทดลองจึงอาจจะนำผลการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ plot calibration curve ของ Electrol ได้ เช่น

เมื่อ K = 5.0 %

I_{12} จากรูปที่ 5.3 = 9.4 microamperes

I_{12} " 5.4 = 10.0 "

$\therefore$ Average $I_{12} = \frac{9.4 + 10.0}{2}$ "

= 9.70 "

ตารางที่ 5.5 เป็นค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า I_{12} ที่อ่านด้วย Electrol ระหว่างความชื้นตั้งแต่ 1.0 ถึง 20.0% และใช้ผลนี้สร้าง moisture calibration curve ได้ตามรูปที่ 5.5 จาก curve นี้จะเห็นว่าเมื่อ I_{12} เท่ากับ 10 microamperes จะตรงกับความชื้นที่เป็นจริงเท่ากับ 5.15 % ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของความชื้นที่อ่านจากรูปที่ 5.3 และ 5.4 ที่จุดเดียวกัน และหา sensitivity ได้คือ

จากรูปที่ 5.5 Sensitivity = $\frac{10.25}{5}$ microamperes/per cent of moisture

= 2.05 "

ตารางที่ 5.5 ค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าที่อ่านด้วย Electrol กับเปอร์เซนต์ของความชื้นใน molding sand

ความชื้น M per cent	I_{12} จากรูปที่ 5.3 microamperes	I_{12} จากรูปที่ 5.4 microamperes	average I_{12} microamperes
1.5	2.40	2.61	2.50
2.0	3.4	4.0	3.70
3.0	5.30	6.0	5.65
4.0	7.40	8.0	7.70
5.0	9.40	10.0	9.70
6.0	11.50	12.0	11.75
7.0	13.50	14.0	13.75
8.0	15.50	16.0	15.75
9.0	17.50	18.0	17.75
10.0	19.50	20.0	19.75
11.0	21.50	22.0	21.75
12.0	23.50	24.0	23.75
13.0	25.60	26.0	25.80
14.0	27.60	28.0	27.80
15.0	29.60	30.0	29.80
16.0	31.70	32.0	31.85
17.0	33.75	34.0	33.87
18.0	35.80	36.0	35.90
19.5	39.00	39.0	39.00

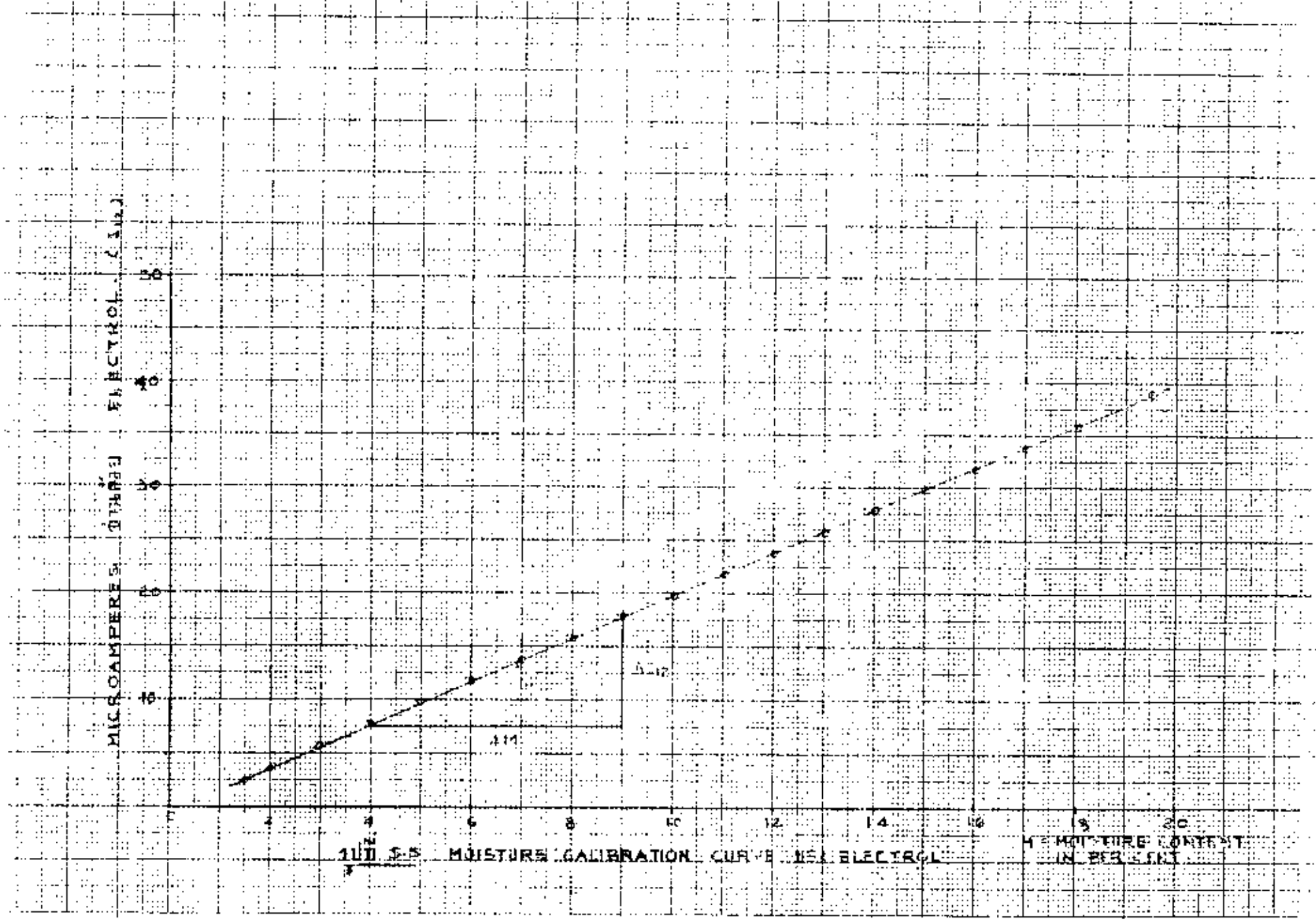


FIG. 5-5 MOISTURE CALIBRATION CURVE USE ELECTROL

5.3 ERRORS ในการทดลอง

ในการทดลองใช้ Electrol วัดความชื้นในทรายสองครั้งและได้ moisture-current curves ตามรูปที่ 5.3 และ 5.4 นั้น จะเห็นว่าเมื่อ Electrol อ่านกระแสไฟฟ้าเท่ากัน curves ทั้งสองนี้จะอ่านความชื้นต่างกันระหว่าง 0 - 0.30% เปอร์เซนต์ที่ต่างกันนี้อาจจะเกิดจาก errors ต่อไปนี้ คือ

1. การ impact ทรายใน detector plates อาจจะแน่นไม่เท่ากันทุกครั้ง และความสูงของทรายอาจจะไม่เท่ากันทุกครั้งที่ทำการทดลอง

2. การอ่านน้ำหนักของทรายชื้นและทรายแห้ง อาจจะไม่ accurate พอถึงแม้จะใช้ตาชั่งชนิดละเอียดแล้วก็ตาม

3. การผสมทรายกับน้ำเพื่อต้องการเปลี่ยนความชื้นต่าง ๆ กันอาจจะผสมกันไม่ดีพอ เมื่อนำทรายส่วนหนึ่งไปวัดด้วย Electrol และนำอีกส่วนหนึ่งไปวัดความชื้นด้วยวิธี Drying Method ทรายทั้งสองส่วนนี้อาจจะมีความชื้นไม่เท่ากันก็ได้

4. นอกจากนี้แล้ว error อาจจะเกิดจากการอ่าน microamperes ไม่ตรงกับความเป็นจริง

5.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าสามารถใช้ Electrol วัดความชื้นของทรายในโรงหล่อได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยอาศัย Calibration curve

Calibration curve รูปที่ 5.5 นี้จะ linear กับความชื้นระหว่าง 1 ถึง 20 เปอร์เซนต์ และ microampere meter จะอ่านได้ sensitivity ประมาณ 2 microamperes เมื่อความชื้นเปลี่ยนไป 1.0 เปอร์เซนต์

5.5 วิธีใช้ ELECTROL

ก่อนใช้ Electrol วัดความชื้นใน molding sandต้องปฏิบัติดังนี้

1. ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 1A, 220V, 50 cycles เป็น power supply

2. ก่อนที่จะเปิดสวิทช์ของ power supply ให้ปรับ

C_{12} อยู่ที่ 5.00 = 50 pf.

C_{11} อยู่ที่ 3.00 = 185 pf.

C_{21} และ C_{22} อยู่ที่ 0.00 = 420 pf. (max. position)

3. เปิดสวิทช์ S_{11}, S_{21} ของ NO.1 และ S_{12}, S_{22} ของ NO.2

4. เปิด power supply รอประมาณ 1 นาที จึงกดปุ่มของ microampere meter ถ้าเข็มของ meter ไม่ชี้ที่ศูนย์ให้ปรับ C_{11} จน Meter อ่านเป็นศูนย์ C_{12}, C_{21}, C_{22} คงที่อยู่ในตำแหน่งเดิม

5. วิธีเตรียม molding sand นำทรายที่จะวัดความชื้นมาใส่ใน parallel plate condenserที่สร้างไว้ plate ที่สร้างมีขนาด 3 x5 ตารางนิ้ว วางห่างกัน 3.85 นิ้ว การบรรจุทรายทำดังนี้

1. ใส่ทรายสูงประมาณ 1 นิ้ว แล้ว impact แน่นพอสมควร

2. ใส่ทรายเพิ่มอีก คะเนดูว่าพลังจาก impact แล้วจะสูง 1.5 นิ้วพอดี ปรับให้ระดับทรายเสมอและเรียบตลอด

6. ใช้ conductors สองเส้นที่ให้ไว้มาต่อกับขั้วของ condenser ที่เตรียมตามข้อ 5 ปลายที่เหลือต่อกับ INPUT CAPACITANCE TERMINALS ของเครื่องมือ

7. กดปุ่มของ meter, current ที่ meterอ่านเป็น microamperes เกิดจากความชื้นของทรายใน condenser อ่านความชื้นเป็น per cent จาก calibration curveในรูปที่ 5.5

5.6 ทรายที่ใช้ในโรงหล่อในประเทศ

โรงหล่อขนาดใหญ่ในประเทศขณะนี้ได้แก่โรงหล่อของบริษัทปูนซิเมนต์ไทย จำกัด และโรงหล่อของกรมชลประทาน สำหรับโรงหล่อของบริษัทปูนซิเมนต์ไทยจำกัดนั้น ใช้ Zircon Sand ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีคิดเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก คือ

Maximum	ZrO_2	= 66	per cent
"	TiO_2	= 0.25	"
"	Fe_2O_3	= 0.05	"
"	NaCl	= 0.001	"

นอกจากนี้แล้วทราย Zircon Sand จะต้องมีขนาดตาม BSS. Screen ดังแสดงในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ขนาดของ Zircon Sand ที่ใช้ในโรงหล่อของบริษัทปูนซิเมนต์ไทย จำกัด

BSS. Screen	on screen %	through screen %
60	trace	100.00
100	2.00	98.00
150	43.70	56.30
200	99.90	0.10

ส่วนทรายในโรงหล่อของกรมชลประทานนั้นได้มาจากจังหวัดอยุธยาและอ่างทอง ส่วนผสมของทรายที่ใช้หล่อตลอดจนการทดสอบคุณสมบัติทาง finencss NO., moisturc, permeability และ green compressive strength ใช้ตาม standard ของ U.S.A. Navy Yard Foundry (1)

ส่วนการวัดเปอร์เซนต์ของความชื้นในทรายนั้นใช้วิธี Drying Method ดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 1

---

(1) The Foseco Foundryman's Hanbook, Molding Sand Mixtures for Steel Castings, published by Foundry Services Limited, pp. 71 - 76