ผลของการทดลอง(Results)

DATA OF RESULTS

Body	Cone	%Sd	%Sf	%P	%A	Sp.Gr.	Sc_2 Kg/cm.	St Kg/cm.^{2}	Sb Kg/cm.^{2}	Er	T_g d	E d Kg/mm	Remark
S5K	6a	2.72	8.77	10.47	7.37	2.17	320.00	77.80	-	-	-	-	Wet
		0.21	11.53	1.09	0.76	2.35	-	-	-	20.48	0.34	11.82	Dry
	8	2.57	12.02	2.49	1.11	2.24	1,122.50	109.00	-	-	-	-	Wet
		0.16	10.66	2.26	1.52	2.24	-	-	-	15.05	0.18	12.76	Dry
	9	2.31	8.17	0.66	0.31	2.18	902.50	104.00	-	-	-	-	Wet
		0.47	12.38	2.13	0.98	2.32	-	-	-	11.26	0.13	11.15	Dry
S10K	6a	4.04	9.63	4.40	6.50	2.21	334.00	100.70	-	-	-	-	Wet
		0.41	9.96	1.12	0.47	2.36	-	-	-	14.59	0.63	8.50	Dry
	8	2.37	10.81	2.99	1.33	2.24	924.00	80.20	-	-	-	-	Wet
		0.53	10.65	6.04	3.54	2.14	-	-	-	14.75	0.34	9.23	Dry
	9	1.97	7.90	2.46	0.72	2.22	961.50	116.20	-	-	-	-	Wet
		0.16	9.89	7.36	3.27	2.31	-	-	-	9.40	0.32	12.68	Dry
S15K	6a	3.22	9.93	14.04	6.62	2.16	164.00	91.00	-	-	-	-	Wet
		0.29	11.20	1.13	0.48	2.32	-	-	-	13.54	0.29	12.46	Dry
	8	2.90	9.23	3.02	1.32	2.27	1,429.50	81.25	-	-	-	-	Wet
		0.00	13.65	5.09	2.30	2.26	-	-	-	10.11	0.30	13.50	Dry
	9	3.76	7.34	0.66	0.30	2.22	1,340.00	140.09	-	-	-	-	Wet
		0.69	8.88	2.56	1.12	2.22	-	-	-	16.36	0.24	15.96	Dry

DATA OF RESULTS

Body	Cone	ΔSd	ΔSf	ΔF	ΔA	Sp.Gr.	Sc Kg/cm.^{2}	St Kg/cm.^{2}	St Kg/cm.^{2}	ε_r	T_gd	E_d Kg/mm.	Remark
S5BA	6a	3.38	11.01	13.05	6.70	2.17	479.00	73.13	-	-	-	-	Wet
		0.62	10.36	1.04	0.49	2.22	-	-	-	11.62	0.38	13.34	Dry
	8	4.65	9.65	3.09	1.56	2.21	752.50	110.50	-	-	-	-	Wet
		0.49	6.46	10.96	5.22	2.25	-	-	-	12.05	0.26	14.52	Dry
	9	1.72	8.30	0.58	0.26	2.22	771.50	52.10	-	-	-	-	Wet
		0.62	9.04	2.13	0.97	2.25	-	-	-	16.67	0.14	16.60	Dry
S10BA	6a	2.73	9.65	16.28	7.64	2.18	472.00	55.05	-	-	-	-	Wet
		0.38	10.13	1.30	0.56	2.33	-	-	-	12.71	0.31	11.23	Dry
	8	4.68	9.11	3.00	4.78	2.24	969.50	42.95	-	-	-	-	Wet
		0.56	8.78	2.28	2.88	2.65	-	-	-	10.90	0.24	13.51	Dry
	9	2.85	7.99	3.74	4.84	1.99	346.00	69.60	-	-	-	-	Wet
		0.90	8.17	7.67	0.88	2.27	-	-	-	12.69	0.20	13.92	Dry
S15BA	6a	2.38	9.05	15.27	6.98	2.06	379.00	112.33	-	-	-	-	Wet
		0.62	8.57	2.39	1.07	2.20	-	-	-	56.56	0.38	6.43	Dry
	8	3.95	12.12	4.29	1.93	2.19	745.00	85.90	-	-	-	-	Wet
		1.09	9.08	15.69	8.48	2.01	-	-	-	9.13	0.24	7.37	Dry
	9	2.84	7.76	4.30	1.08	1.84	179.00	54.50	-	-	-	-	Wet
		1.15	8.15	3.08	1.78	2.02	-	-	-	11.02	0.33	3.33	Dry

DATA OF RESULTS

Body	Cone	%Sd	%Sf	%P	%A	Sp.Gr.	Sc $Kg/cm.^2$	St $Kg/cm.^2$	Sb $Kg/cm.^2$	ε_r	T d	E_d Kg/mm.	Remark
S5FL	6a	2.46	12.13	4.88	1.27	2.26	616.00	88.35	-	-	-	-	Wet
		7.67	12.76	0.60	0.13	2.38	-	-	-	10.43	0.46	18.88	Dry
	8	2.89	17.25	1.56	0.70	2.26	1,264.00	68.85	-	-	-	-	Wet
		0.08	11.12	11.86	7.76	2.25	-	-	-	13.50	0.23	13.30	Dry
	9	2.44	6.51	0.87	0.30	2.20	1,437.00	93.60	-	-	-	-	Wet
		1.39	10.02	1.24	0.58	2.16	-	-	-	13.49	0.20	14.95	Dry
S10FL	6a	2.15	11.50	1.85	0.98	2.20	274.00	107.60	-	-	-	-	Wet
		0.37	11.69	2.81	0.35	2.32	-	-	-	14.02	0.46	6.67	Dry
	8	4.47	11.23	2.17	0.90	2.24	1,150.00	83.85	-	-	-	-	Wet
		2.79	9.15	6.96	3.86	2.33	-	-	-	10.29	0.25	16.45	Dry
	9	3.62	8.22	1.62	0.71	2.19	1,404.00	95.70	-	-	-	-	Wet
		0.93	10.59	1.68	0.76	2.27	-	-	-	9.81	0.13	15.80	Dry
S15FL	6a	1.22	12.04	2.76	1.23	2.20	312.00	98.45	-	-	-	-	Wet
		0.92	10.19	0.72	0.19	2.33	-	-	-	14.90	0.35	13.79	Dry
	8	3.69	8.78	3.25	0.74	2.24	1,392.00	122.50	-	-	-	-	Wet
		0.84	9.81	0.44	0.59	2.26	-	-	-	10.75	0.28	14.14	Dry
	9	2.77	6.82	1.50	0.85	2.23	904.00	58.40	-	-	-	-	Wet
		0.90	9.73	0.53	0.24	2.27	-	-	-	9.94	0.13	15.90	Dry

DATA OF RESULTS

Body	Cone	%Sd	%Sf	%P	%A	Sp.Gr.	Sc Kg/cm.^{2}	St kg/cm.^{2}	Sb kg/cm.^{2}	ε_r	T_d	b_g Kg/mm.	Remark
S5FP	6a	1.10	13.22	2.21	3.46	2.09	412.00	52.15	-	-	-	-	Wet
		0.43	11.38	2.33	0.61	0.26	-	-	-	36.54	0.34	12.05	Dry
	8	3.41	9.46	1.06	0.26	2.25	841.00	-	-	-	-	-	Wet
		0.68	4.66	25.20	12.81	2.26	-	-	-	12.42	0.33	14.69	Dry
	9	1.76	7.74	1.75	0.89	2.21	862.50	64.80	-	-	-	-	Wet
		0.78	10.33	0.89	0.38	2.30	-	-	-	9.17	0.21	16.30	Dry
S10FP	6a	2.33	11.96	1.01	0.79	2.27	871.00	113.00	-	-	-	-	Wet
		0.71	10.58	0.30	0.14	2.36	-	-	-	14.81	0.32	12.35	Dry
	8	3.91	15.51	1.07	1.47	2.26	880.00	91.85	-	-	-	-	Wet
		0.62	13.03	0.74	0.32	2.29	-	-	-	10.66	0.26	14.90	Dry
	9	1.76	7.53	0.46	0.22	2.22	1,181.50	121.20	-	-	-	-	Wet
		1.00	10.33	0.28	0.12	2.22	-	-	-	5.78	0.46	16.72	Dry
S15FP	6a	3.05	13.34	5.38	2.70	2.16	432.00	96.20	-	-	-	-	Wet
		1.04	12.86	2.69	5.51	2.40	-	-	-	14.33	0.26	13.87	Dry
	8	6.30	9.54	2.13	0.45	2.25	769.00	123.50	-	-	-	-	Wet
		0.16	8.84	10.27	4.68	2.27	-	-	-	12.61	0.21	16.61	Dry
	9	2.22	9.22	1.87	0.82	2.19	1,337.50	107.01	-	-	-	-	Wet
		0.78	10.27	0.80	0.14	2.12	-	-	-	17.68	0.15	15.50	Dry

DATA OF RESULTS

Body	Cone	%Sd	%Sf	%P	%A	Sp.Gr.	Sc kg/cm.^{2}	St kg/cm.^{2}	Sb kg/cm.^{2}	ε_r	$T_g d$	E_d kg/mm.	Remark
S5MC	6a	7.19	16.31	7.54	3.54	2.14	297.00	42.70	-	-	-	-	Wet
		1.04	14.52	1.39	0.76	2.29	-	-	-	18.26	0.24	9.15	Dry
	8	4.19	12.16	1.46	1.48	2.25	1,013.00	60.45	-	-	-	-	Wet
		0.89	10.91	8.85	4.97	2.29	-	-	-	10.42	0.30	16.86	Dry
	9	2.38	8.63	2.60	1.16	2.17	1,216.00	65.90	-	-	-	-	Wet
		0.08	11.82	1.01	0.46	2.19	-	-	-	18.93	0.24	21.00	Dry
S10MC	6a	2.82	9.97	3.67	1.72	1.88	295.00	51.60	-	-	-	-	Wet
		0.30	10.67	0.50	0.33	2.30	-	-	-	13.16	0.39	10.04	Dry
	8	3.66	11.98	7.73	2.03	3.76	936.50	68.55	-	-	-	-	Wet
		0.93	14.26	2.18	0.90	2.35	-	-	-	9.15	0.24	13.83	Dry
	9	2.64	11.81	2.01	1.46	2.19	1,300.00	88.20	-	-	-	-	Wet
		1.04	10.92	1.87	0.67	2.20	-	-	-	13.16	0.17	18.30	Dry
S15MC	6a	1.94	8.54	26.07	10.62	2.08	345.00	62.85	-	-	-	-	Wet
		0.92	10.59	0.14	0.06	2.38	-	-	-	12.54	0.28	8.18	Dry
	8	4.81	11.03	3.41	1.48	2.25	725.00	103.00	-	-	-	-	Wet
		0.28	14.00	7.19	3.63	2.25	-	-	-	10.45	0.28	18.25	Dry
	9	2.17	9.57	1.58	0.70	2.06	655.00	overfired	-	-	-	-	Wet
		0.08	15.50	2.75	2.29	2.15	-	-	-	13.56	0.69	20.90	Dry

DATA OF RESULTS

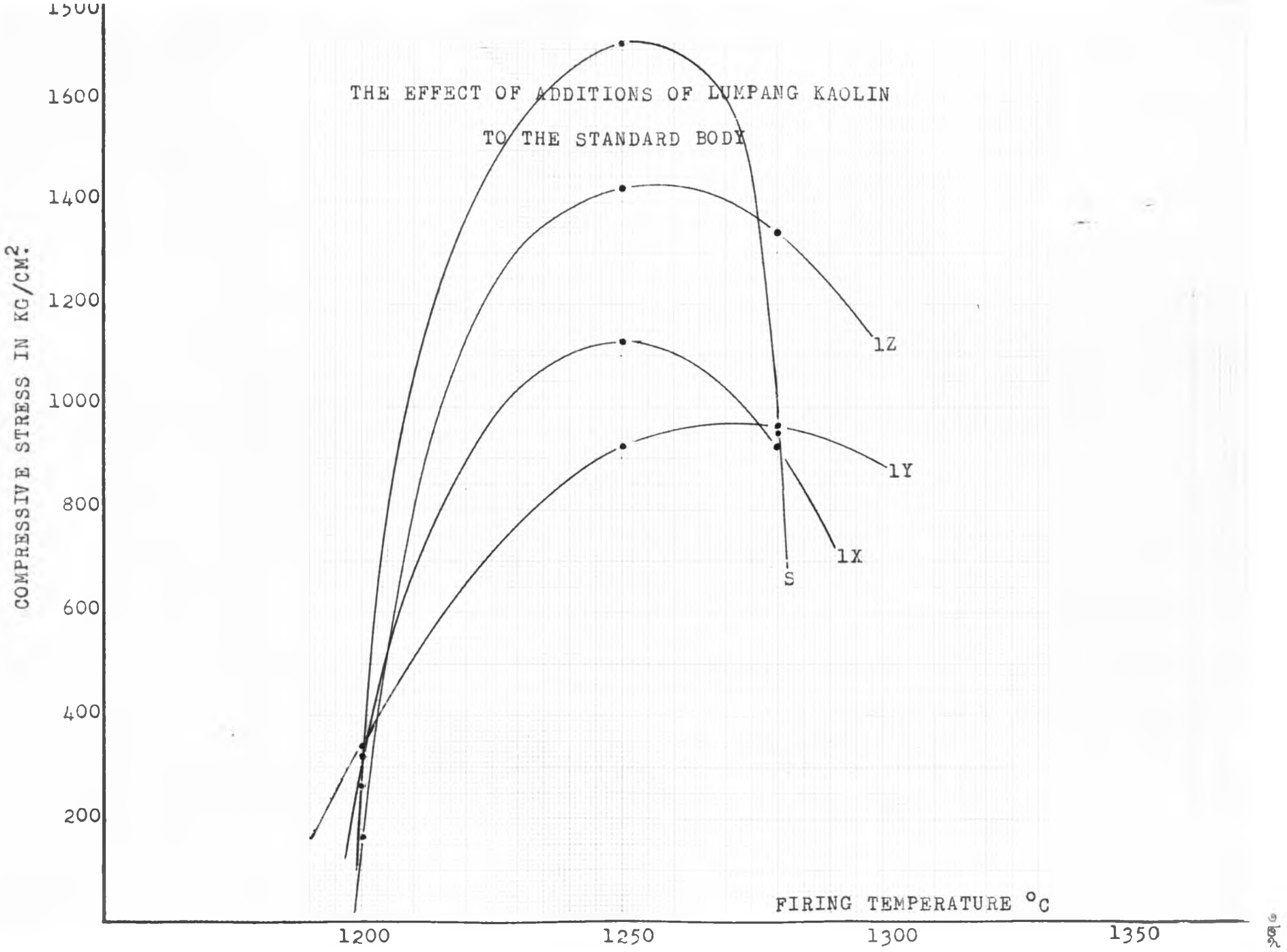
Body	Cone	%Sd	%Sf	%P	%A	Sp.Gr.	Sc Kg/cm.	St Kg/cm.	Sb Kg/cm.	ε_r	T d g	E d Kg/mm.	Remark
S	6a	4.93	12.90	1.20	0.57	2.11	256.00	116.15	-	-	-	-	Wet
		3.77	11.80	0.27	0.08	2.33	-	-	-	10.26	0.24	11.93	Dry
	8	4.65	11.70	2.98	1.09	2.26	1,711.00	108.00	-	-	-	-	Wet
		0.62	11.80	5.37	2.10	2.32	-	-	-	10.23	0.15	16.05	Dry
	9	2.84	7.06	2.13	1.18	2.14	955.00	112.50	-	-	-	-	Wet
		0.15	13.29	0.52	0.23	2.27	-	-	-	10.69	0.04	15.35	Dry
A	6a	1.86	4.87	4.54	2.21	2.19	326.00	158.50	-	-	-	-	Wet
		3.73	10.28	2.65	1.12	2.35	-	-	-	24.54	0.28	11.50	Dry
	8	3.56	8.90	0.98	0.54	2.29	828.50	100.00	-	-	-	-	Wet
		0.56	12.48	0.44	0.36	2.34	-	-	-	9.60	0.22	9.77	Dry
	9	0.40	11.31	2.64	1.62	2.09	1,005.00	98.50	-	-	-	-	Wet
		1.24	11.51	1.17	0.63	2.00	-	-	-	10.18	0.05	14.80	Dry
B	6a	3.72	14.00	6.21	3.48	2.20	434.00	48.75	-	-	-	-	Wet
		4.60	10.90	1.48	0.62	2.28	-	-	-	6.96	0.12	15.97	Dry
	8	4.29	12.52	0.73	1.19	2.33	1,312.50	-	-	-	-	-	Wet
		0.94	9.89	0.16	0.07	2.37	-	-	-	11.34	0.18	9.00	Dry
	9	6.40	12.40	6.40	4.15	2.09	deform	89.10	-	-	-	-	Wet
		0.94	10.04	8.05	3.86	2.37	-	-	-	13.52	0.35	13.40	Dry

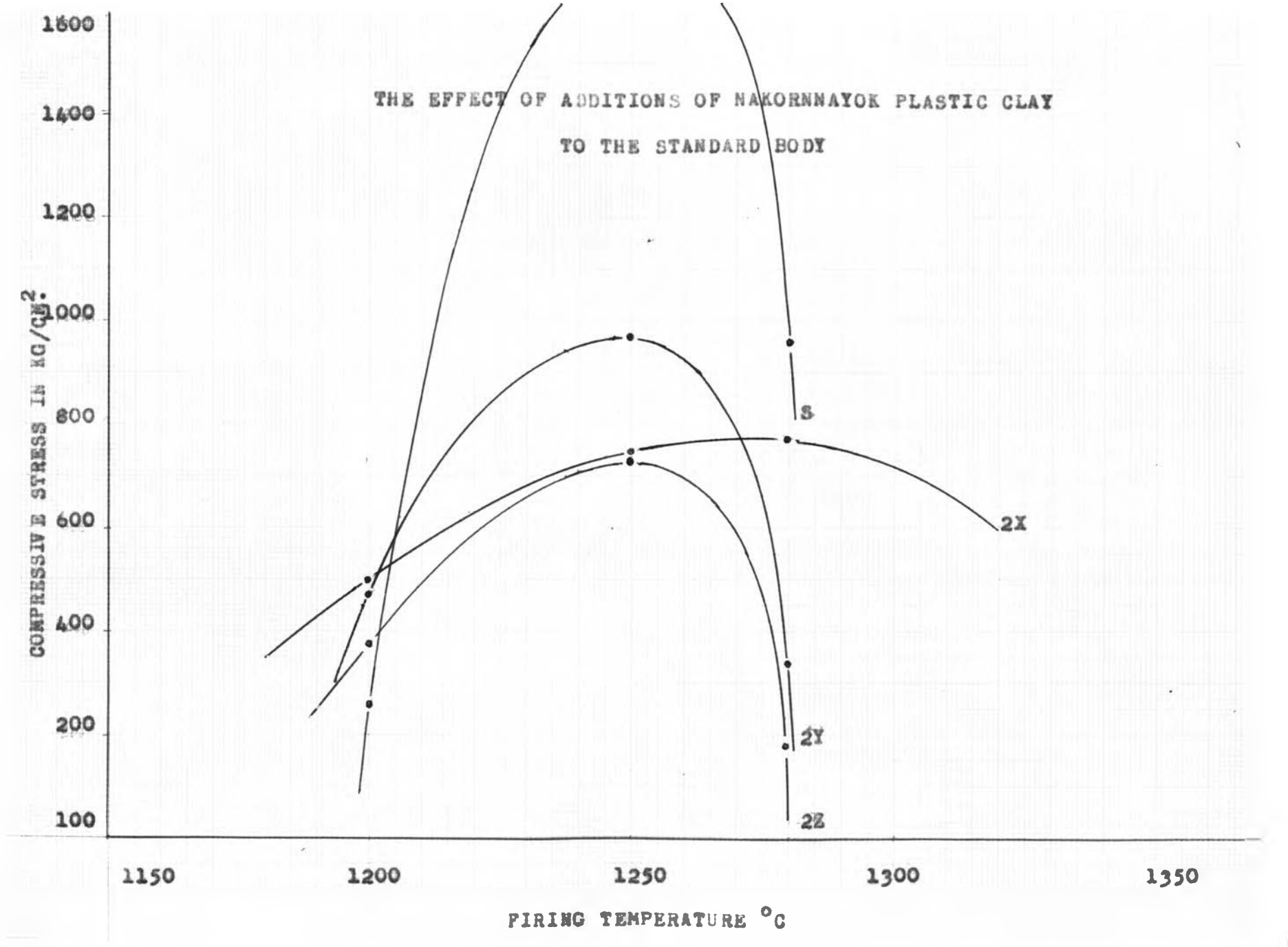
DATA OF RESULTS

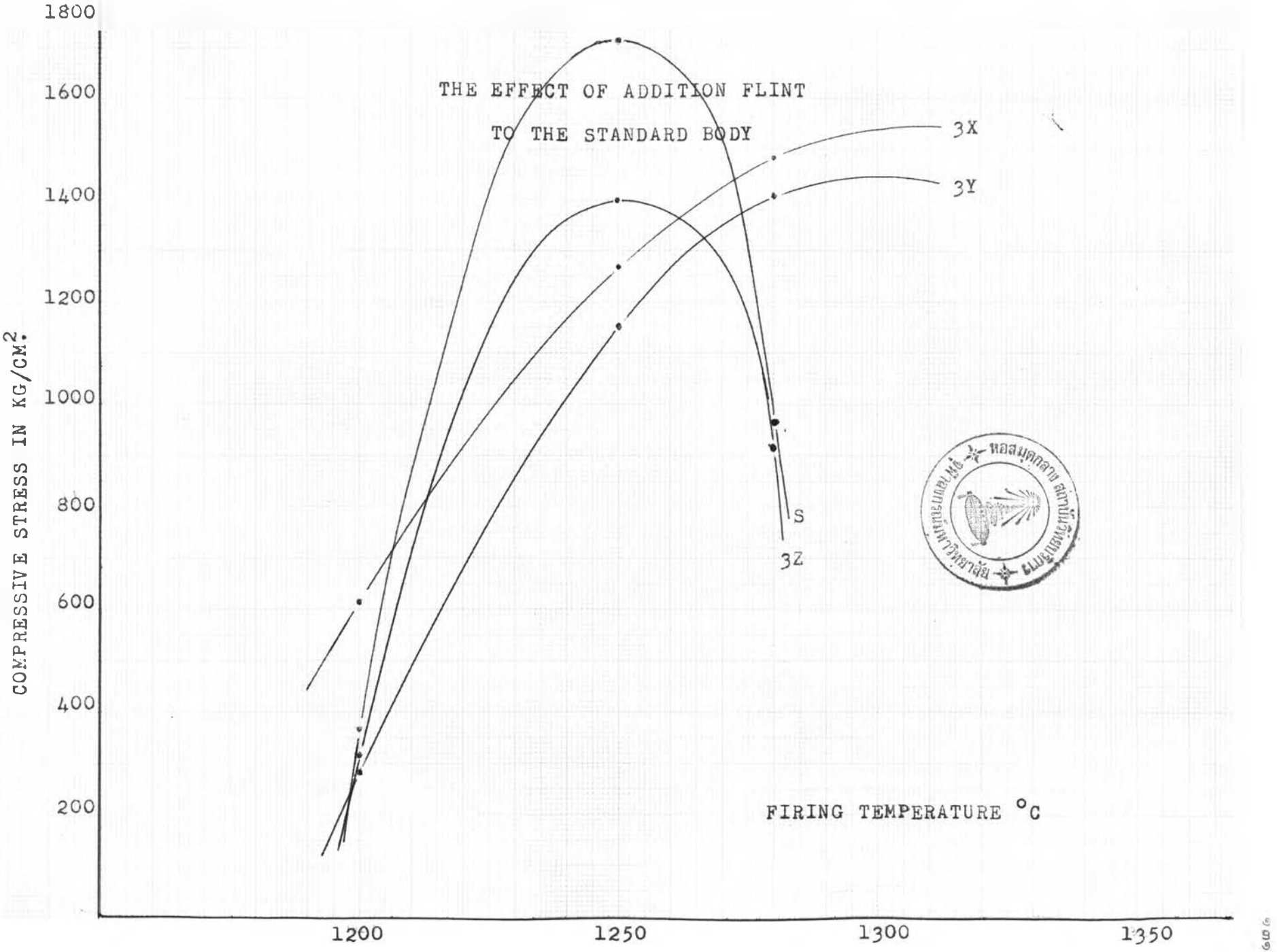
Body	Cone	%Sd	%Sf	%P	%A	Sp.Gr.	Sc $kg/cm.^2$	St $kg/cm.^2$	St $kg/cm.^2$	ε_r	$T_g d$	ν_d kg/mm	Remark
C	6a	6.15	10.51	6.44	3.07	2.13	214.00	95.97	-	-	-	-	Wet
		2.10	7.35	1.77	0.75	2.34	-	-	-	15.20	0.16	9.89	Dry
	8	2.91	14.76	1.40	0.60	2.29	264.00	89.00	-	-	-	-	Wet
		0.72	9.08	4.28	1.82	2.30	-	-	-	10.09	0.20	11.56	Dry
	9	3.72	8.70	0.53	2.93	1.86	deform	85.50	-	-	-	-	Wet
		0.79	10.35	1.81	0.88	2.07	-	-	-	23.45	0.64	7.78	Dry
D	6a	4.41	10.92	1.44	0.63	2.09	372.00	117.78	-	-	-	-	Wet
		3.77	10.90	0.14	0.06	2.39	-	-	-	8.95	0.23	11.80	Dry
	8	4.14	10.42	0.73	0.40	2.19	1,570.00	-	-	-	-	-	Wet
		1.09	11.25	0.24	0.11	2.10	-	-	-	9.35	0.21	14.00	Dry
	9	2.19	5.66	0.85	0.43	2.07	deform	-	-	-	-	-	Wet
		0.31	6.95	0.78	0.23	2.26	-	-	-	7.20	0.15	16.20	Dry
E	6a	2.90	11.05	0.84	0.38	2.17	366.00	70.43	-	-	-	-	Wet
		1.89	7.17	19.05	4.47	2.38	-	-	-	13.46	0.17	9.44	Dry
	8	2.52	10.52	5.45	3.64	1.94	314.50	49.00	-	-	-	-	Wet
		2.17	10.91	6.29	2.68	2.36	-	-	-	8.67	0.15	8.45	Dry
	9	2.94	3.87	1.16	0.72	1.95	deform	117.20	-	-	-	-	Wet
		0.42	11.57	2.97	1.35	2.35	-	-	-	13.47	0.38	18.40	Dry

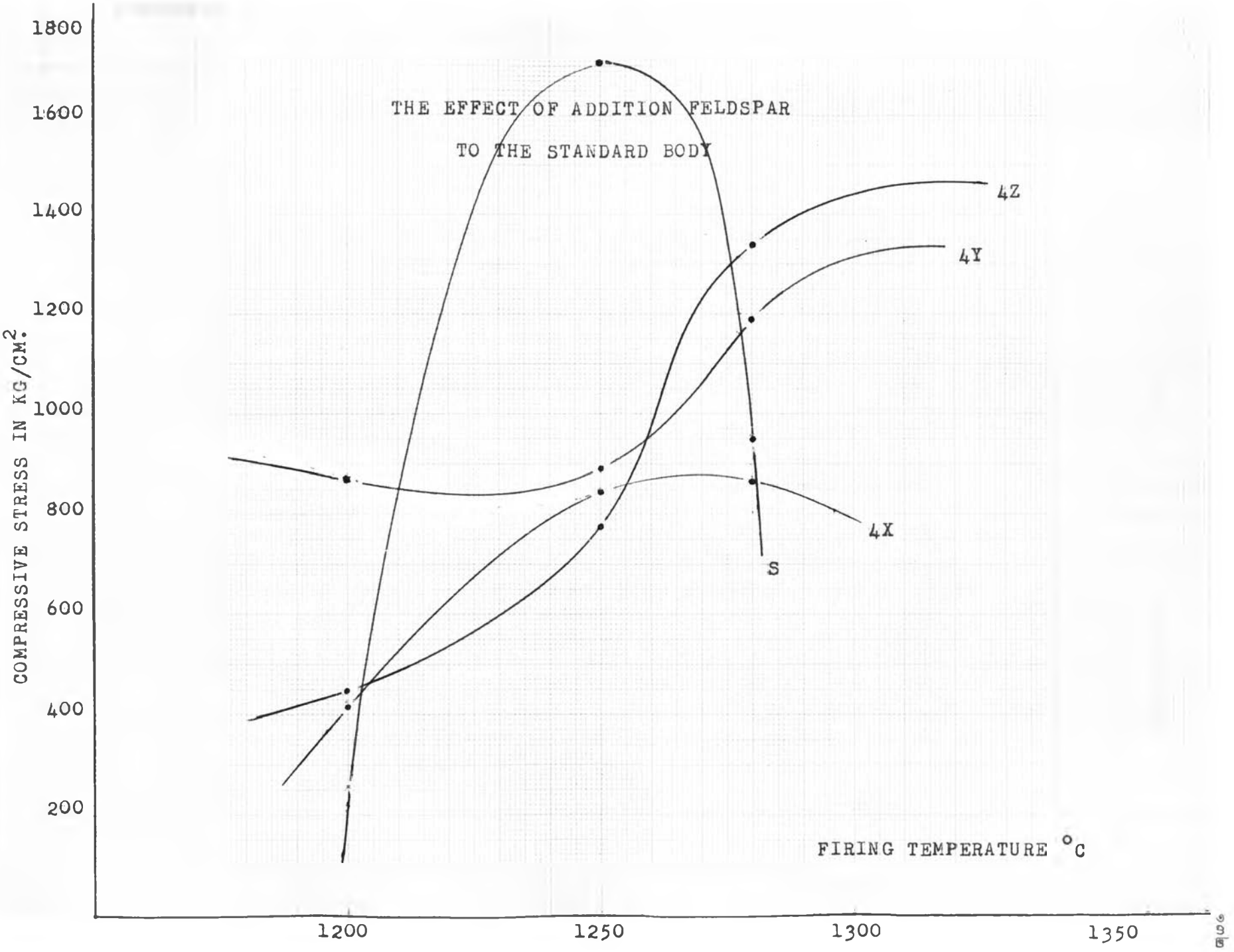
TABLE OF BODIES'SELECTION

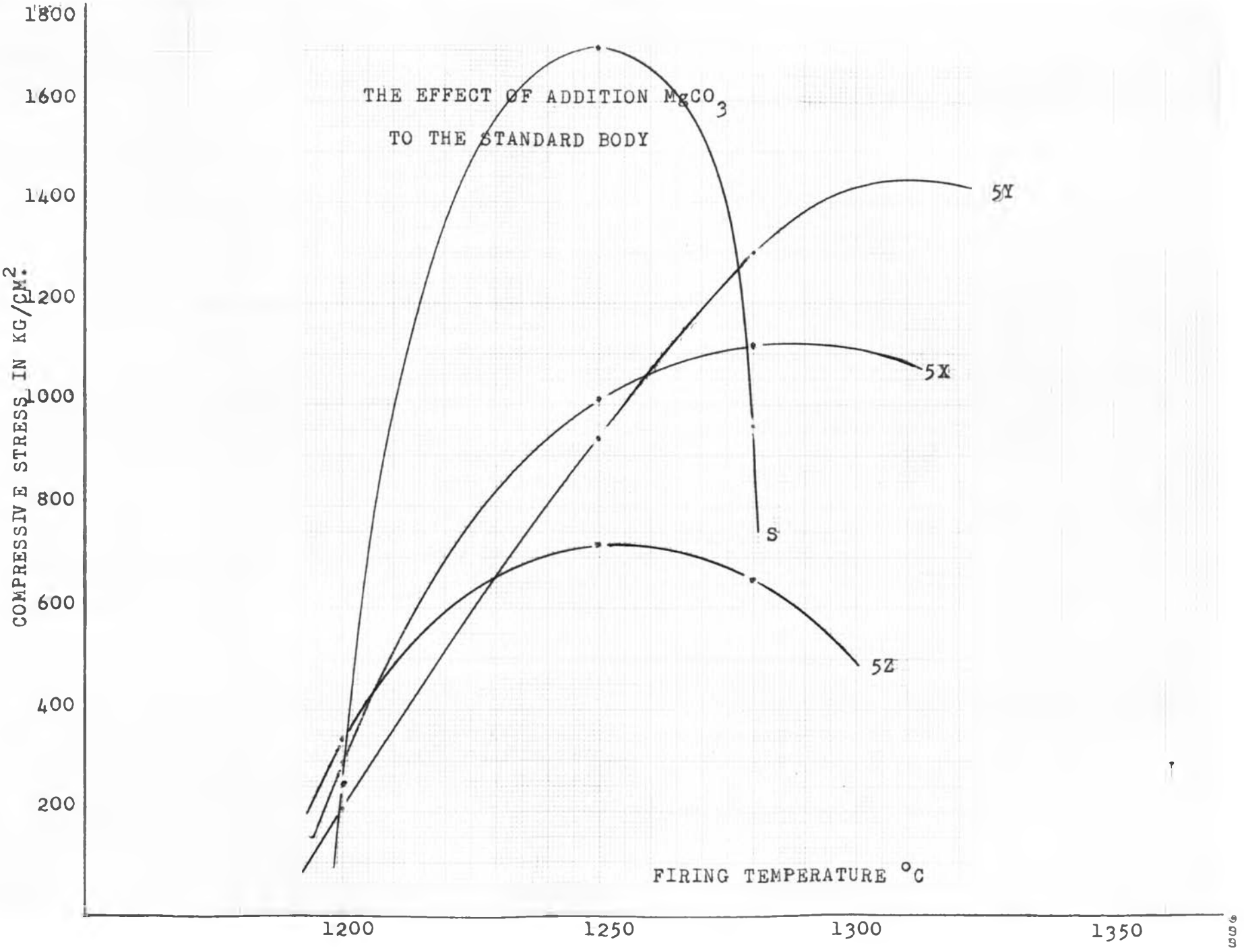
Body	Cone	%Sf Score	%P Score	Sc Score	St Score	T_g d Score	E_d Score	Total Score	Grade 1	Mec.& Ele. Drop Score	Grade 2
S5K	8,9,8,8	9	13	11	10	16	8	67	10	45	-
S10K	9,9,9,9	14	9	8	14	1	5	51	14	28	
S15K	9,9,8,9	12	3	19	20	7	14	75	12	60	3
S5BA	9,9,9,8	19	7	6	11	10	17	70	8	43	
S10BA	6a,9,8,9	21	8	9	3	12	11	64	15	34	
S15BA	8,8,8,6	20	1	5	12	4	1	43	20	22	
S5FL	8,9,9,9	3	12	20	6	5	7	53	13	38	
S10FL	8,9,9,6a	10	15	18	9	8	15	75	3	50	
S15FL	8,8,8,8	15	19	17	18	13	9	91	1	57	5
S5FP	6a,9,9,9	16	5	7	1	6	10	45	19	24	
S10FP	9,9,9,8	6	21	12	17	14	16	86	7	59	4
S15FP	6a,9,9,8	8	11	16	19	18	19	91	6	72	1
S5MC	9,9,9,9	1	10	13	2	11	20	57	16	41	
S10MC	9,9,8,9	4	14	15	4	9	18	64	11	42	
S15MC	9,8,8,8	5	2	4	8	2	21	42	21	35	
S	9,8,6a,8	7	17	21	13	21	12	91	2	67	2
A	9,9,9,9	14	18	10	21	20	3	86	4	54	
B	9,8,9,9	2	6	14	5	17	2	46	18	38	
C	6a,6a,6a,8	11	16	1	7	3	4	42	17	15	
D	9,8,6a,8	17	20	3	16	19	6	81	5	44	
E	9,8,6a,9	18	4	2	15	15	13	67	9	45	

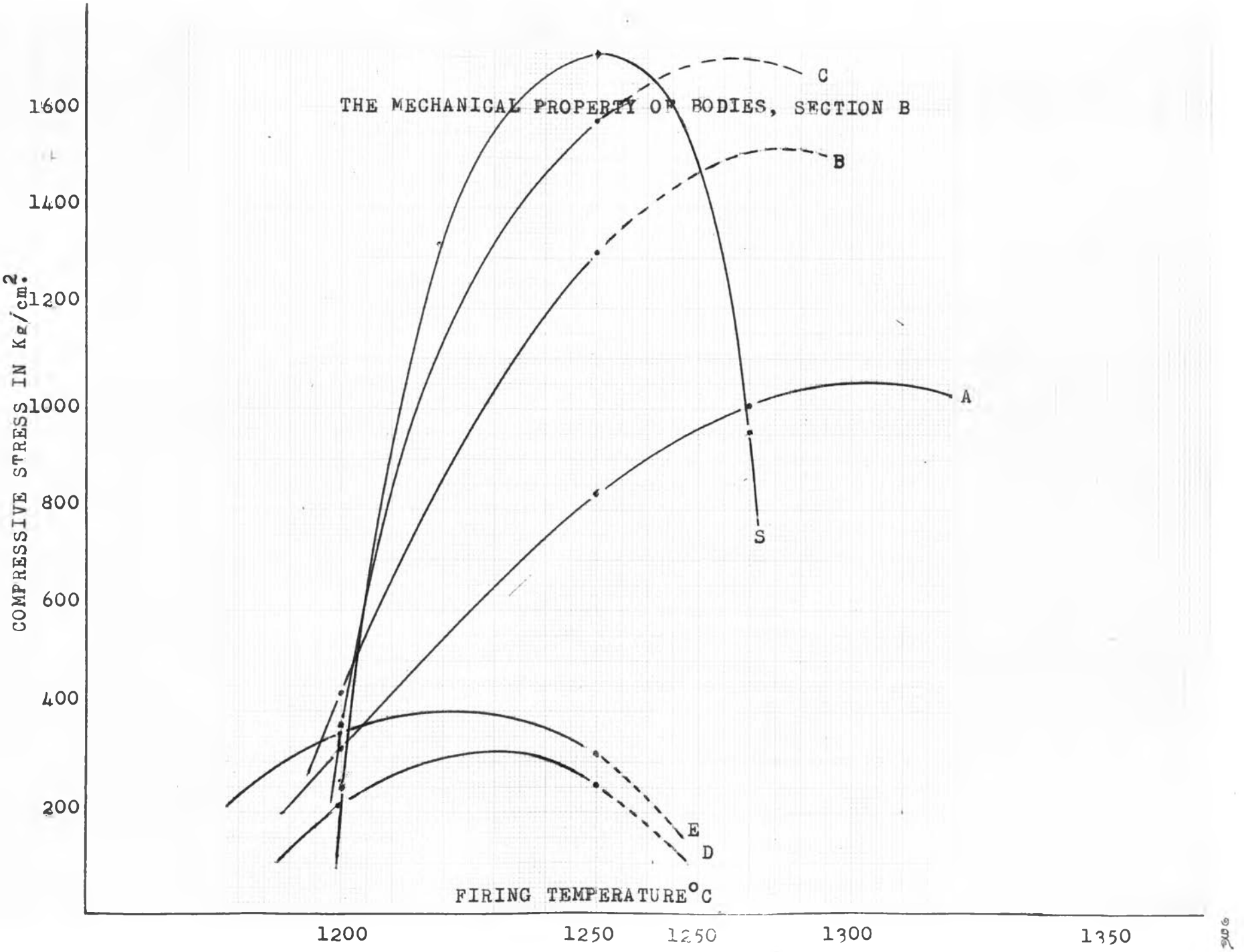

THE EFFECT OF ADDITIONS OF LUMPANG KAOLIN
TO THE STANDARD BODY
COMPRESSIVE STRESS IN KG/CM2.
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
1Z
1Y
1X
S
FIRING TEMPERATURE °C
1200
1250
1300
1350


THE EFFECT OF ADDITIONS OF NAKORNNAYOK PLASTIC CLAY
TO THE STANDARD BODY
COMPRESSIVE STRESS IN KG/CM.2
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
100
S
2X
2Y
2Z
1150
1200
1250
1300
1350
FIRING TEMPERATURE °C


THE EFFECT OF ADDITION FLINT
TO THE STANDARD BODY
COMPRESSIVE STRESS IN KG/CM.2
FIRING TEMPERATURE °C
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
1200
1250
1300
1350
3X
3Y
S
3Z

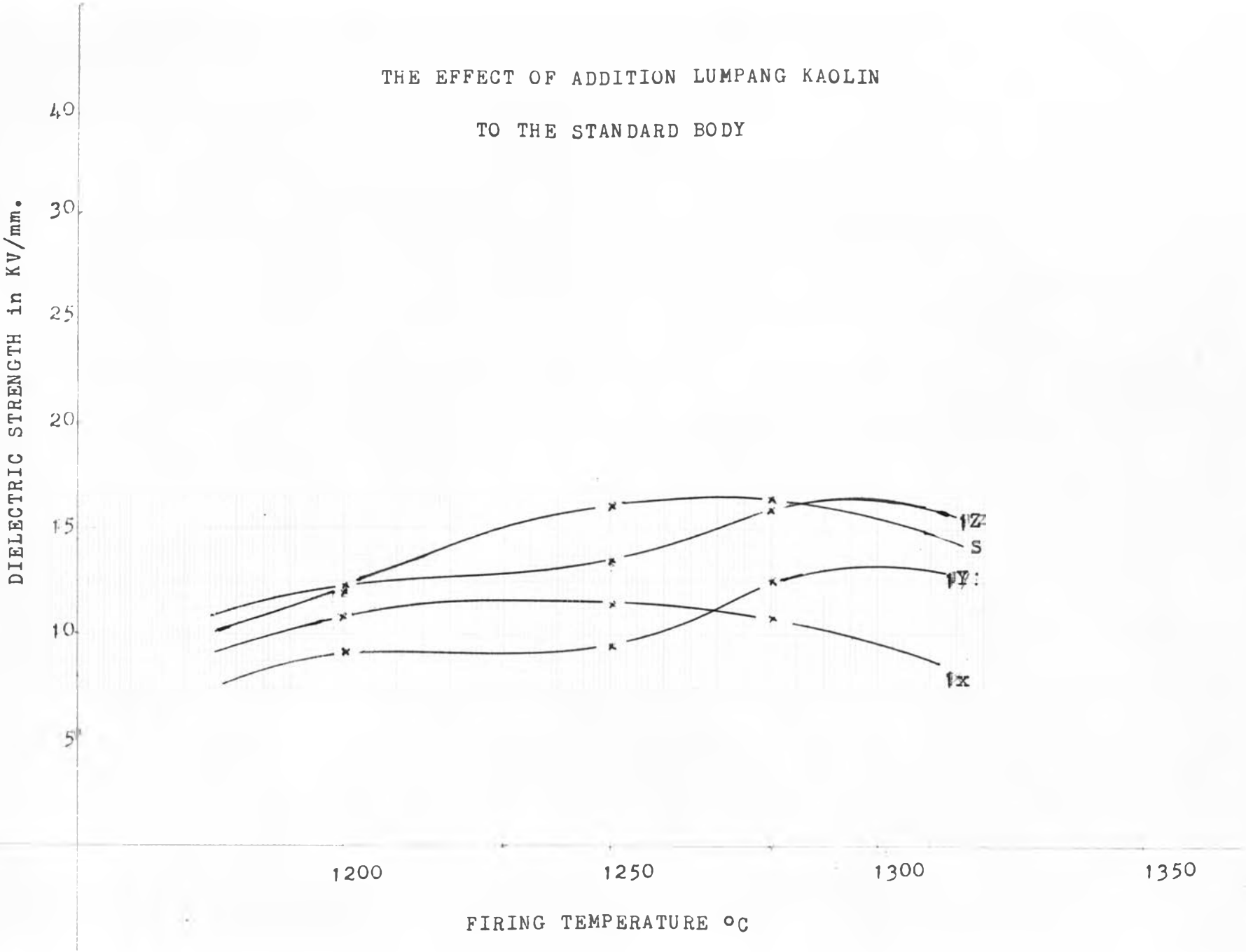

THE EFFECT OF ADDITION FELDSPAR
TO THE STANDARD BODY
COMPRESSIVE STRESS IN KG/CM.2
FIRING TEMPERATURE °C
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
1200
1250
1300
1350
4Z
4Y
4X
S


THE EFFECT OF ADDITION $MgCO_3$
TO THE STANDARD BODY
COMPRESSIVE STRESS IN KG/CM.^{2}
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5Y
5X
S
5Z
FIRING TEMPERATURE °C
1200
1250
1300
1350


THE MECHANICAL PROPERTY OF BODIES, SECTION B
COMPRESSIVE STRESS IN Kg/cm.2
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
C
B
A
S
E
D
FIRING TEMPERATURE °C
1200
1250
1250
1300
1350

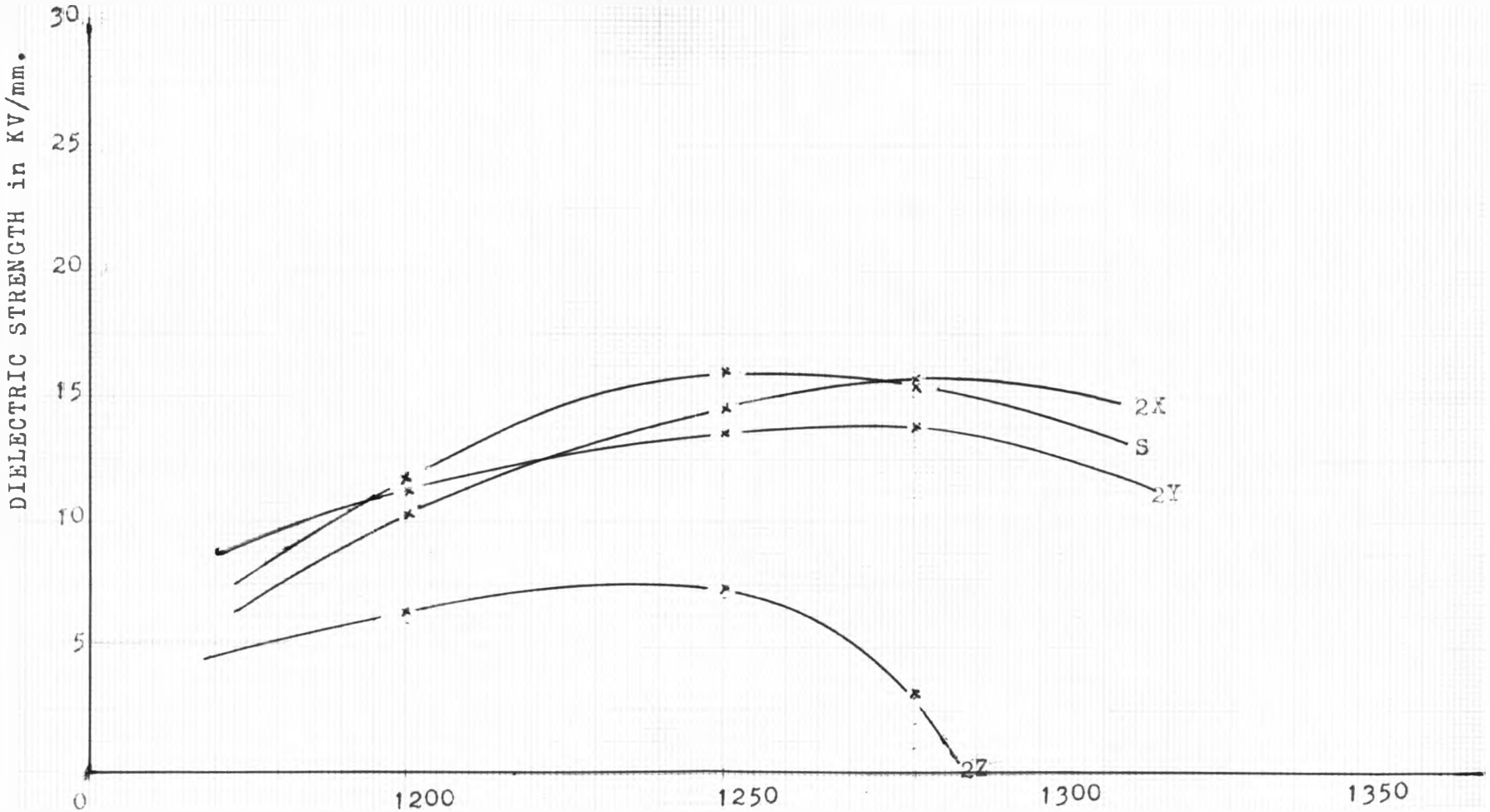
THE EFFECT OF ADDITION LUMPANG KAOLIN

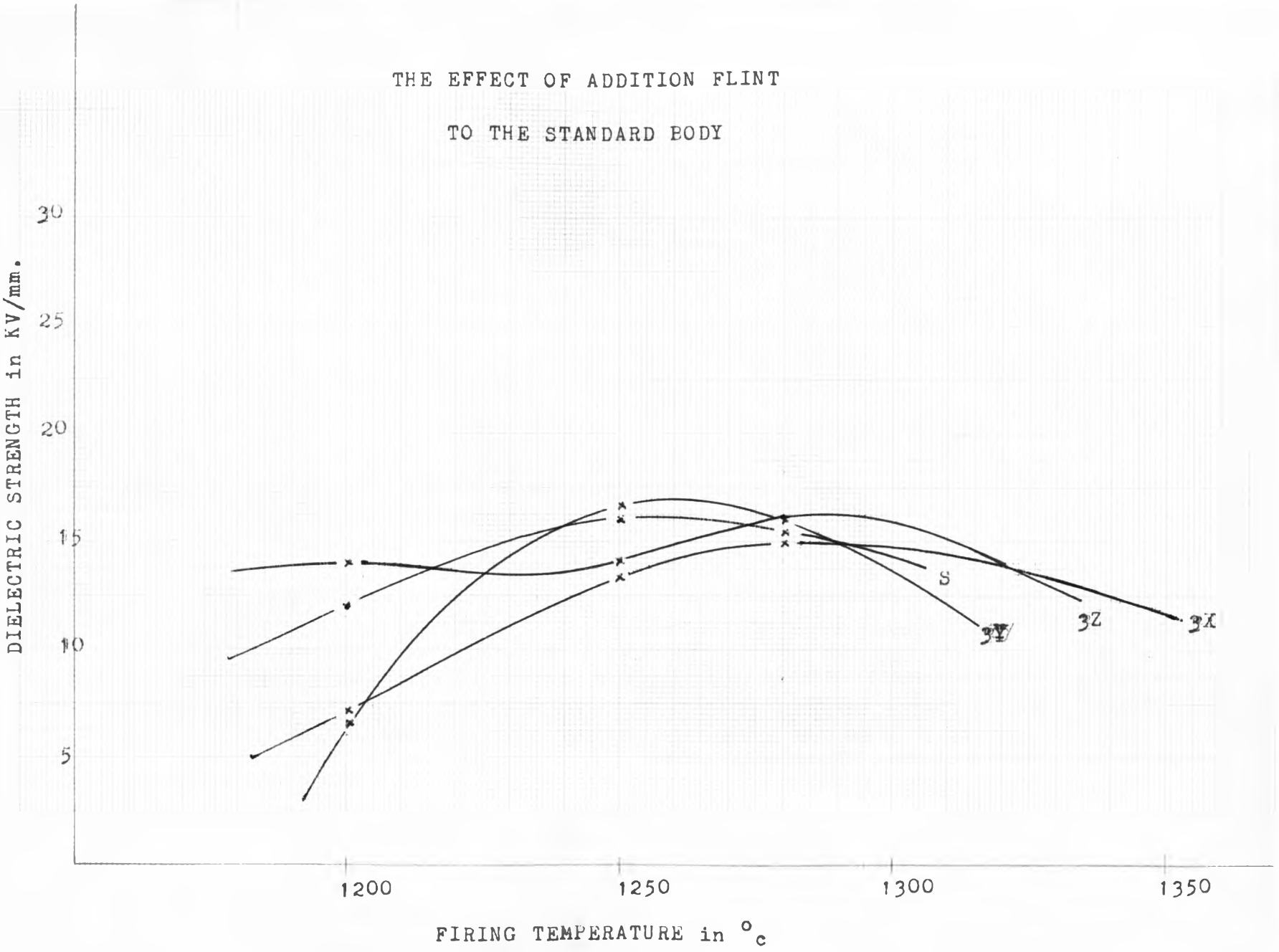
TO THE STANDARD BODY



THE EFFECT OF ADDITION NAKORNNAYOK PLASTIC CLAY

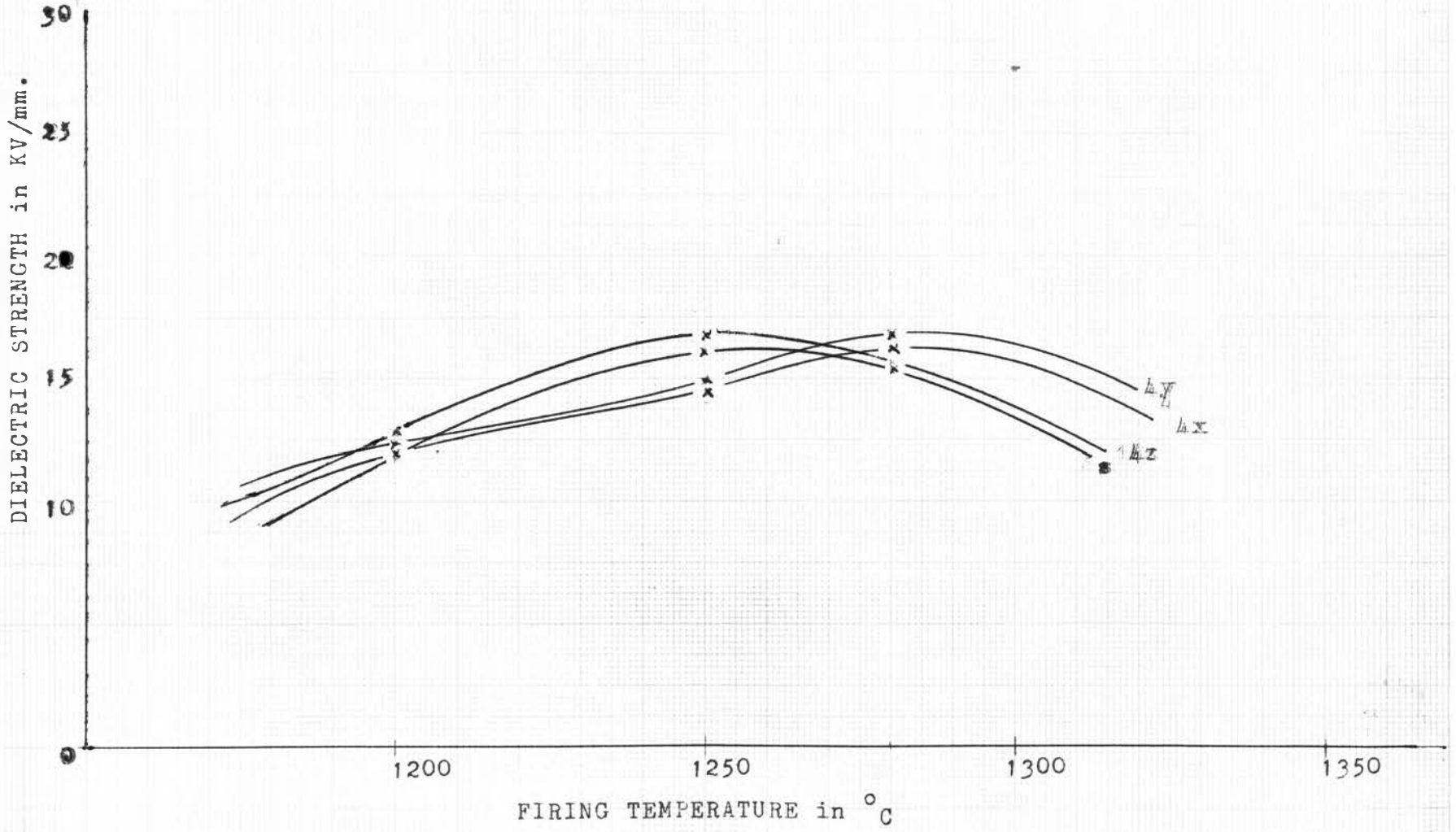
TO THE STANDARD BODY




THE EFFECT OF ADDITION FLINT
TO THE STANDARD BODY
DIELECTRIC STRENGTH in KV/mm.
30
25
20
15
10
5
S
3Y
3Z
3X
1200
1250
1300
1350
FIRING TEMPERATURE in °c

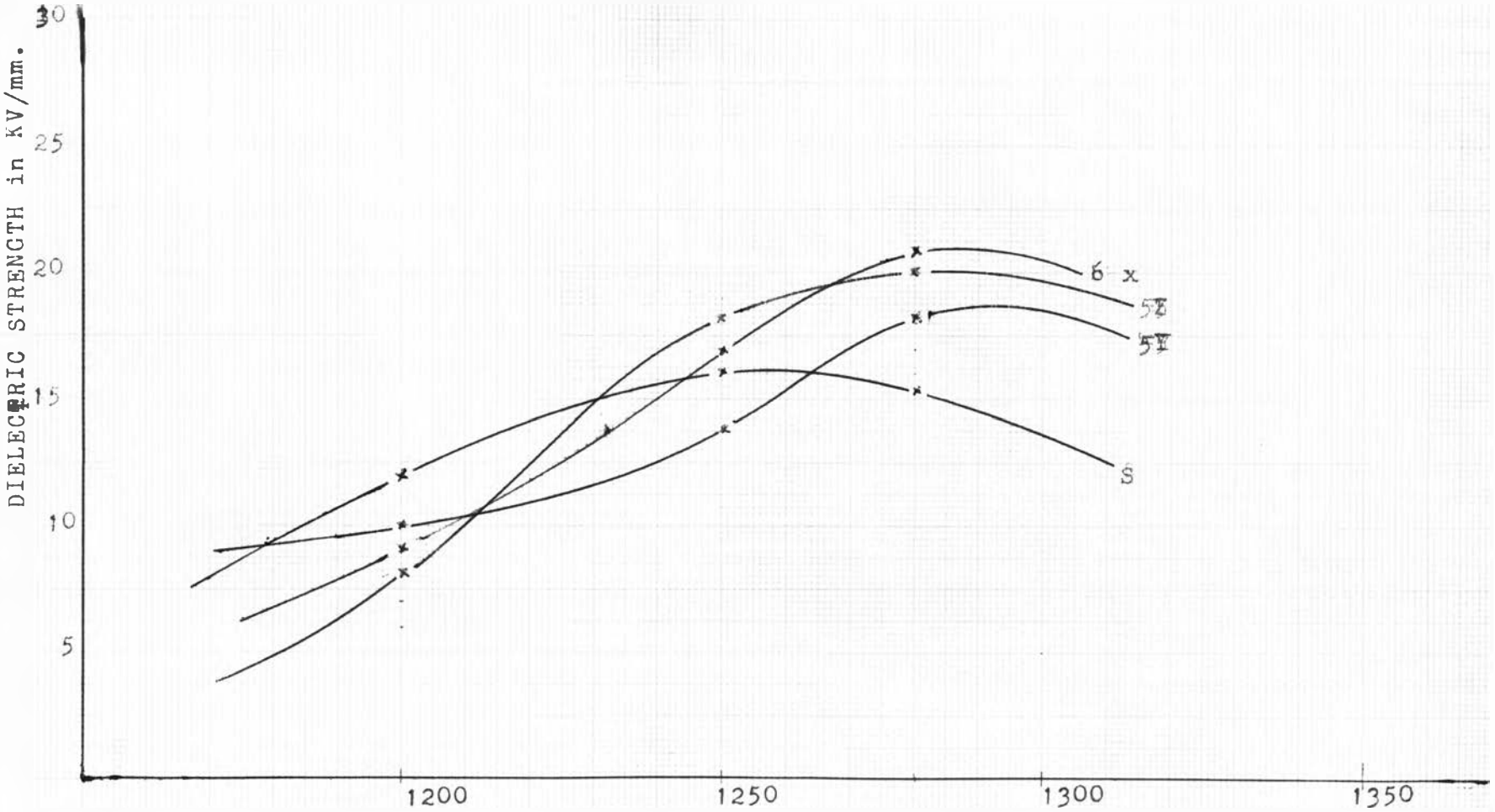
THE EFFECT OF ADDITION FELDSPAR

TO THE STANDARD BODY



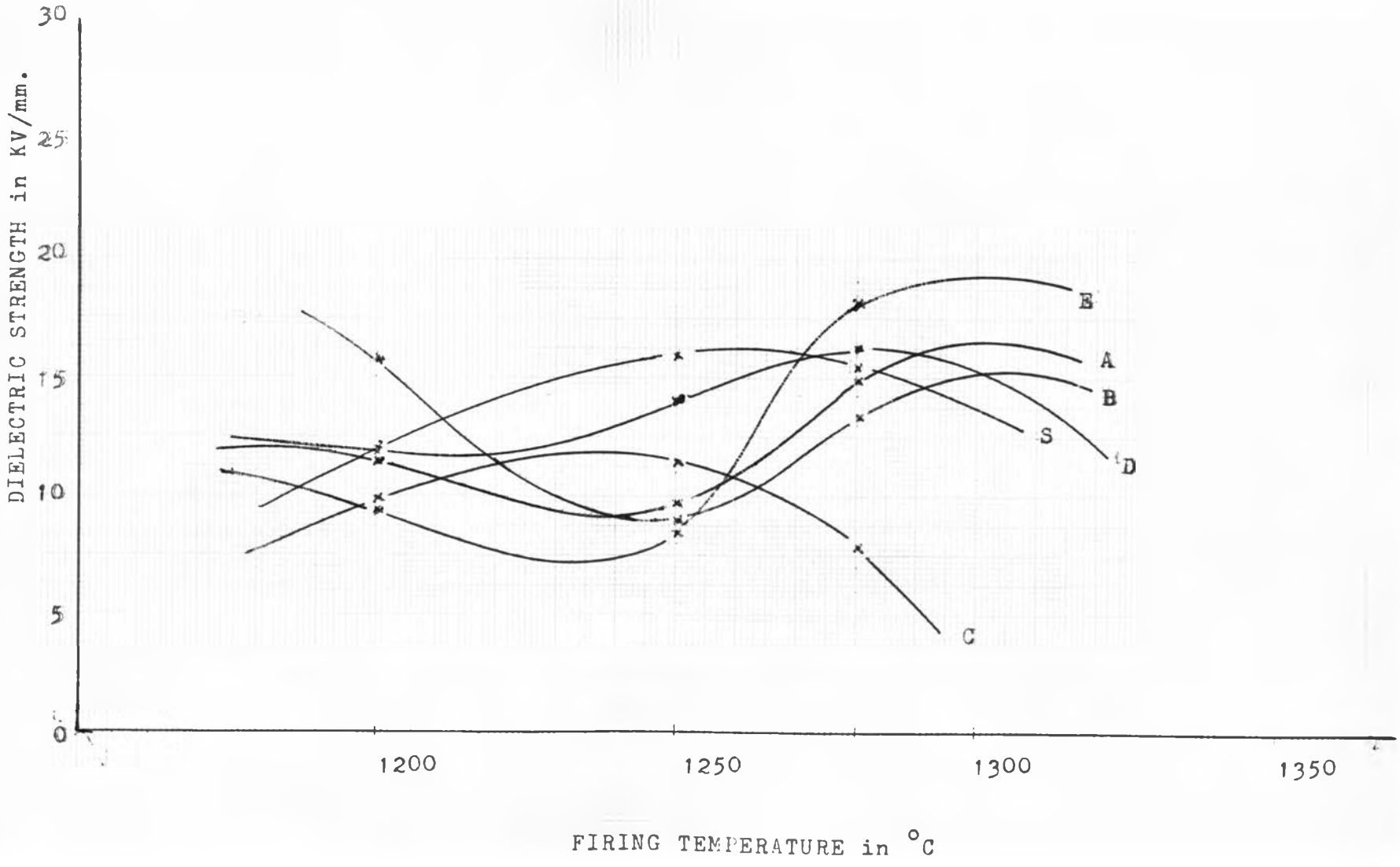
THE EFFECT OF ADDITION $MgCO_3$

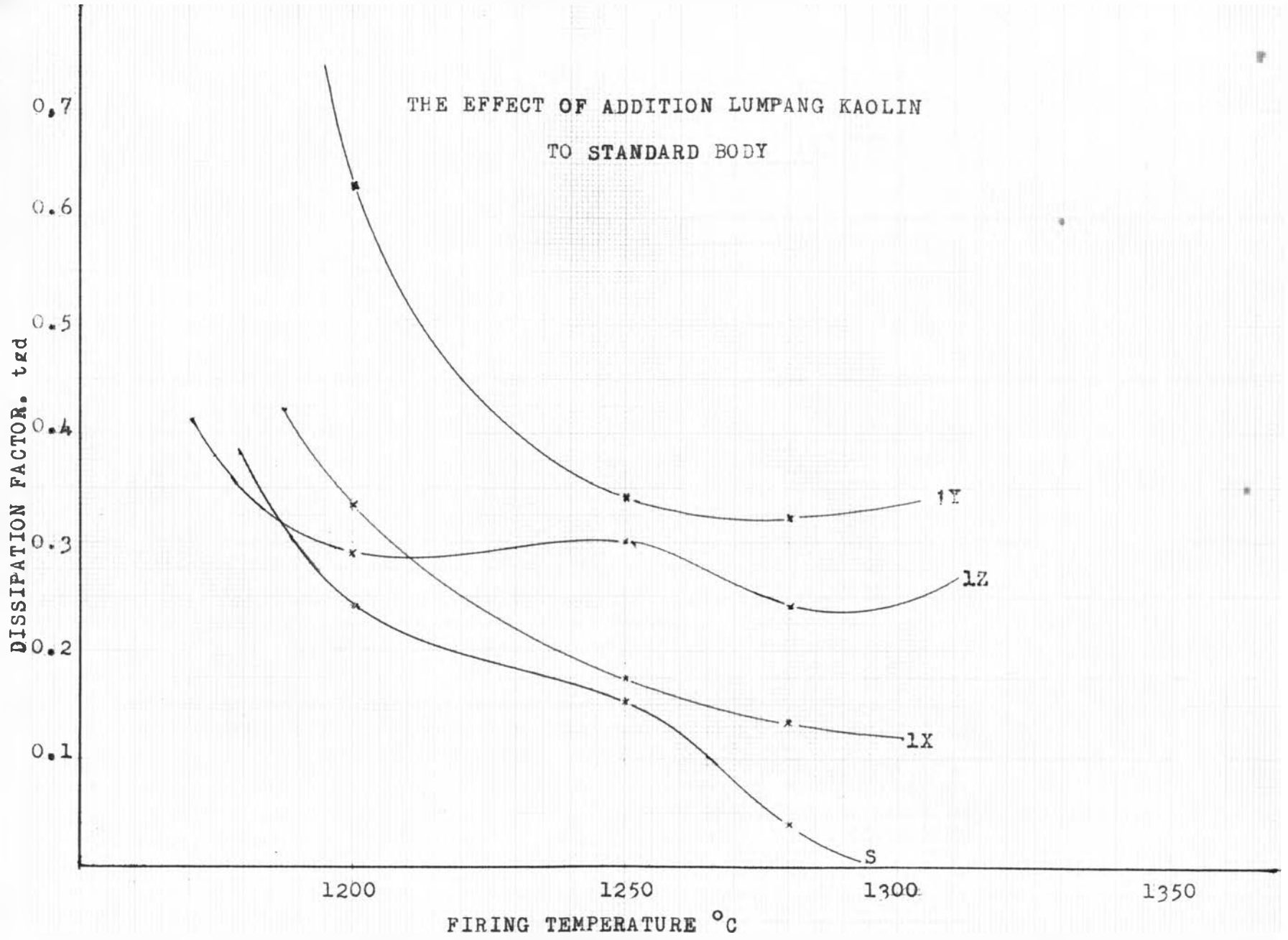
TO THE STANDARD BODY

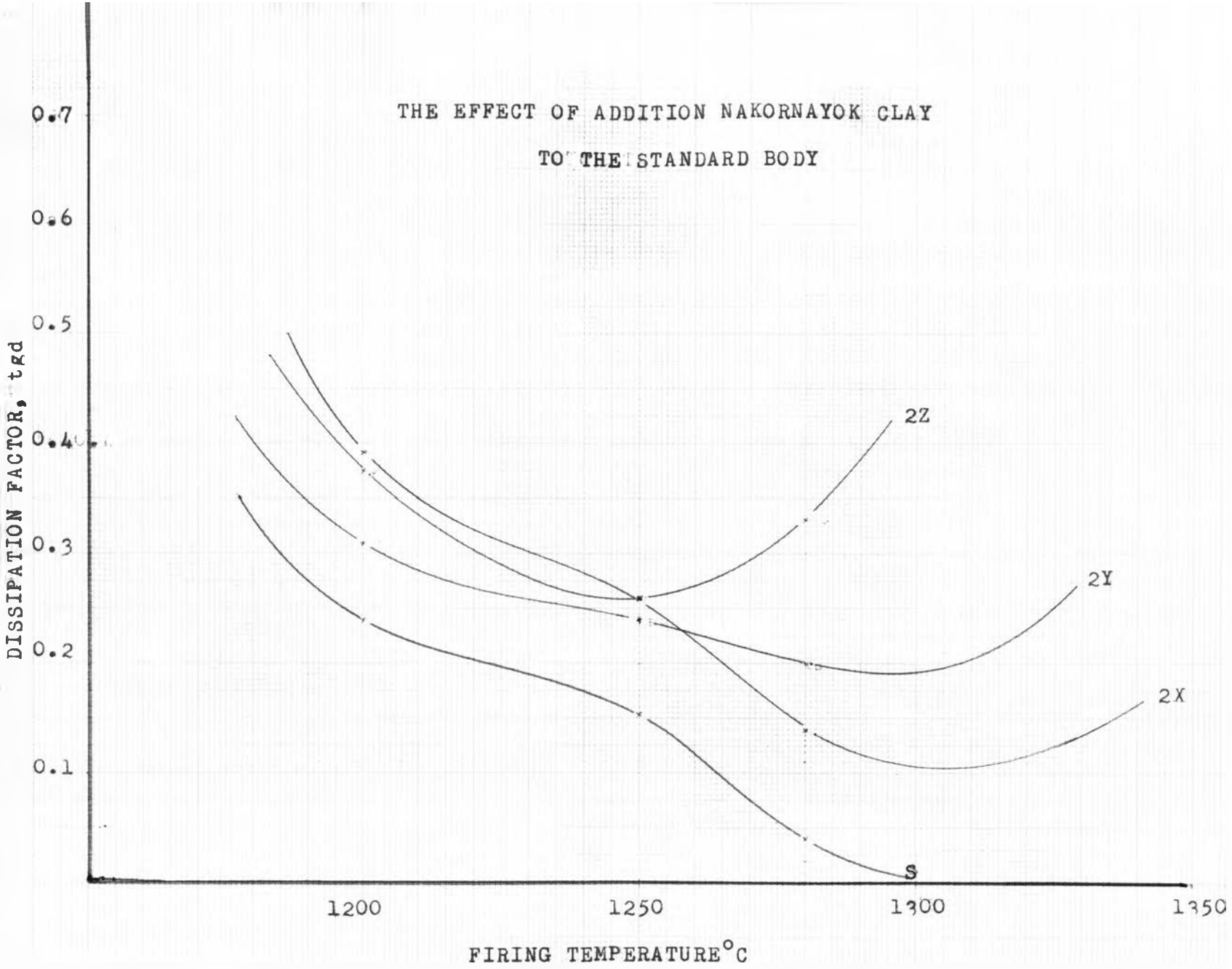


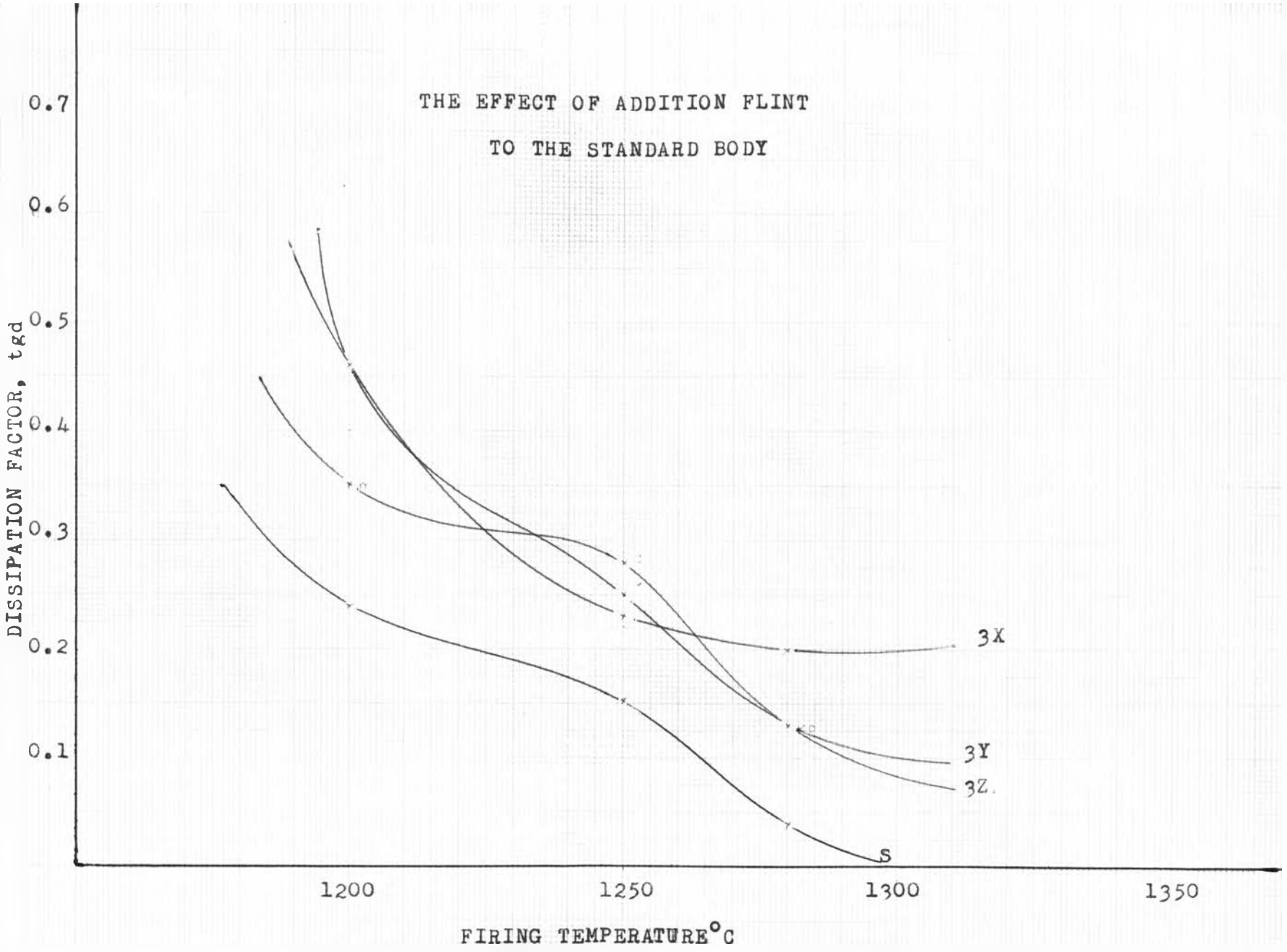
ELECTRICAL PROPERTIES OF BODIES IN SECTION B

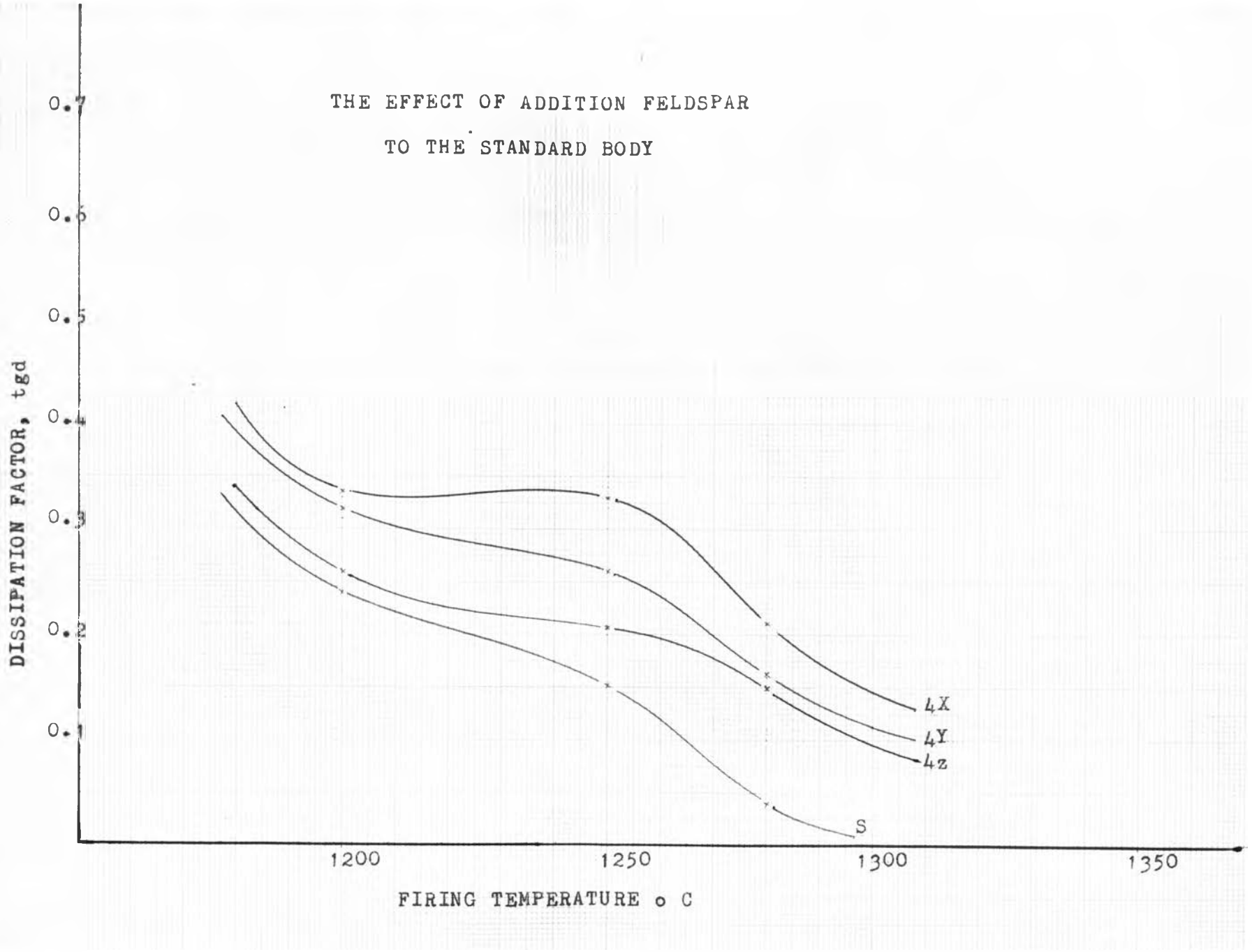
VS. FIRING TEMPERATURE

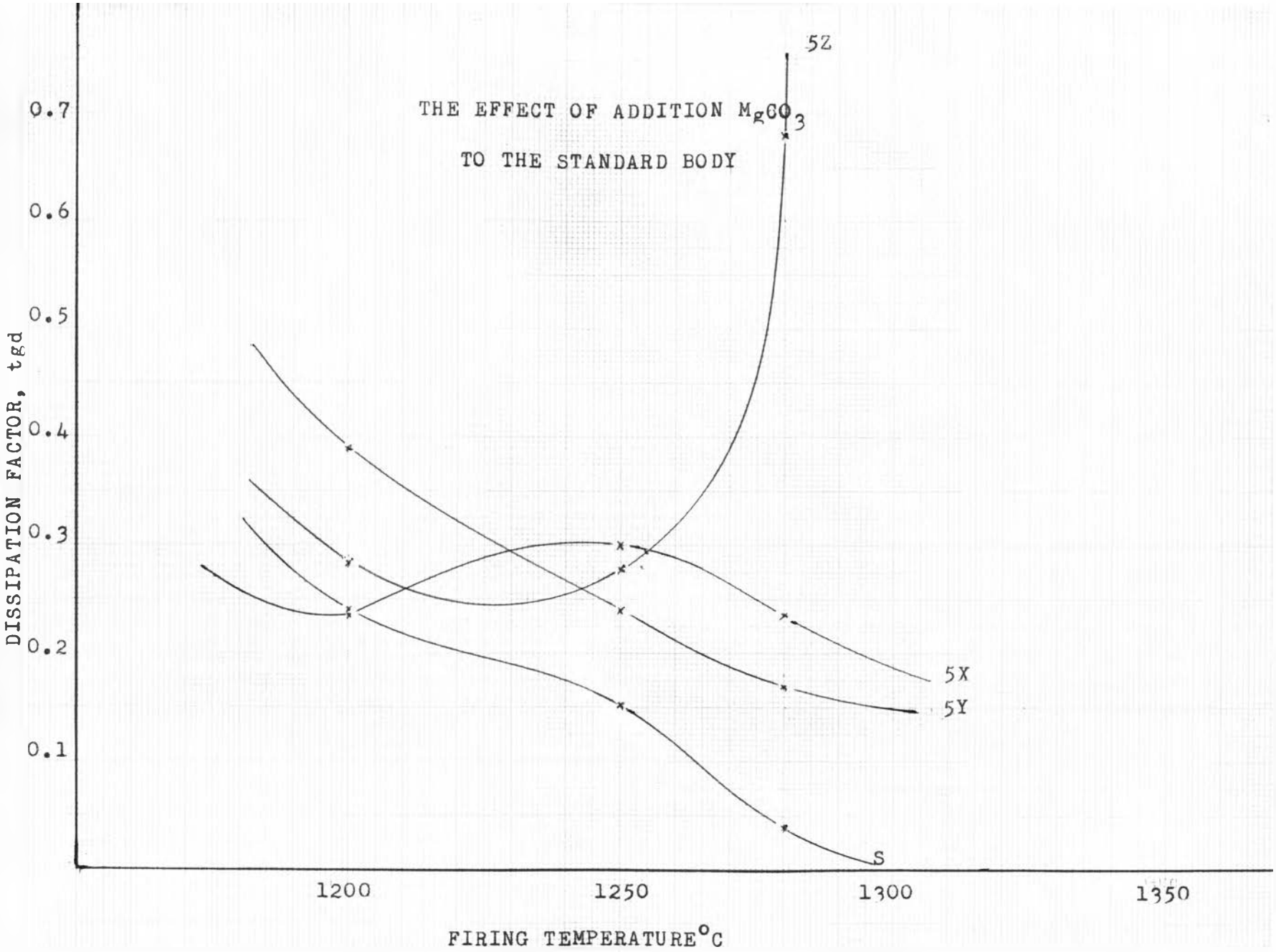


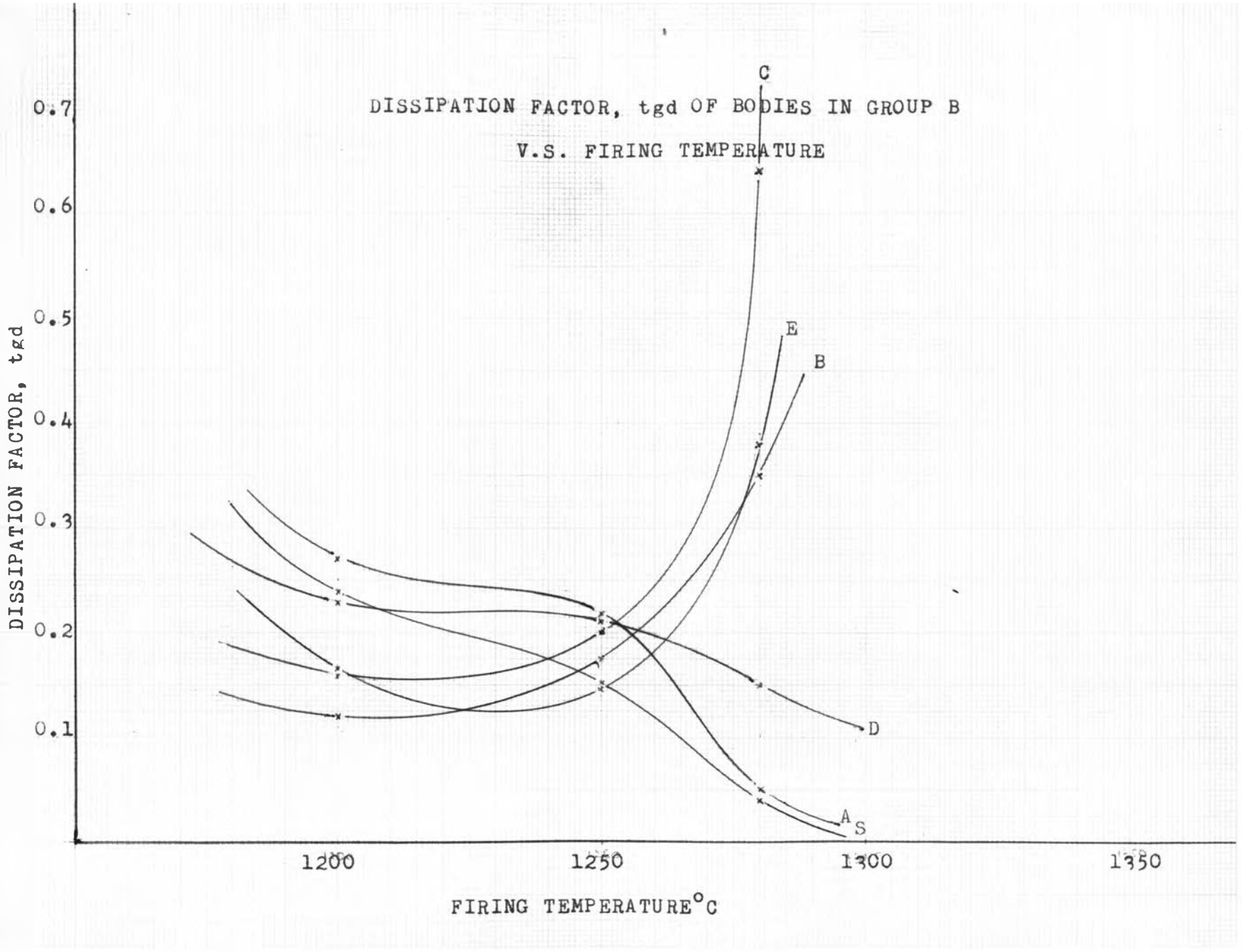

THE EFFECT OF ADDITION LUMPANG KAOLIN
TO STANDARD BODY
DISSIPATION FACTOR. tgd
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
1Y
1Z
1X
S
1200
1250
1300
1350
FIRING TEMPERATURE °C


THE EFFECT OF ADDITION NAKORNAYOK CLAY
TO THE STANDARD BODY
DISSIPATION FACTOR, tgd
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
2Z
2Y
2X
S
1200
1250
1300
1350
FIRING TEMPERATURE °C


THE EFFECT OF ADDITION FLINT
TO THE STANDARD BODY
DISSIPATION FACTOR, tgd
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
3X
3Y
3Z
S
1200
1250
1300
1350
FIRING TEMPERATURE°C


THE EFFECT OF ADDITION FELDSPAR
TO THE STANDARD BODY
DISSIPATION FACTOR, tgd
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
4X
4Y
4z
S
1200
1250
1300
1350
FIRING TEMPERATURE o C


THE EFFECT OF ADDITION $MgCO_3$
TO THE STANDARD BODY
5Z
5X
5Y
S
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
DISSIPATION FACTOR, tgd
1200
1250
1300
1350
FIRING TEMPERATURE °C


DISSIPATION FACTOR, tgd OF BODIES IN GROUP B
V.S. FIRING TEMPERATURE
DISSIPATION FACTOR, tgd
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
C
E
B
D
A
S
1200
1250
1300
1350
FIRING TEMPERATURE °C

ตัวอย่างการคำนวณ (Sample of Calucalation)

ตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้เป็นผลการทดลองที่ได้จาก test specimens body S5K เผาที่ cone 9 (1,280°C)

๑. การคำนวณหาเปอร์เซนต์ของส่วนผสมในวัตถุดิบใน body ต่าง ๆ เช่นการหาส่วนผสมของ body 1Y ซึ่งเป็นส่วนผสมที่เติม ๑๐% โดยน้ำหนักของดินลำปางลงใน Standard body ฉะนั้น

ปริมาณของดินลำปางในส่วนผสม 1Y = ๓๕ + ๑๐ = ๔๕ ส่วน

Materials	Weight ratio	Percentage ratio
Lampang Clay	45.00	40.90
Nakornnayok Clay	13.00	11.80
Feldspar	20.00	18.19
Flint	25.00	22.77
Talc	2.00	1.81
Magnesium carbonate	1.00	0.91
Barium carbonate	2.00	1.81
Whiting	2.00	1.81
Total	110.00	100.00

๒. การหา Percentage linear drying shrinkage ของ body S5K

$$S_d = \frac{L_p - L_d}{L_d} \times 100$$

$$= \frac{16.80 - 16.20}{16.20} \times 100$$

$$= 3.70\%$$

Where S_d = Percentage linear drying shrinkage

L_p = Plastic length

L_d = dry length

๓. การหา Percentage linear firing Shrinkage (S_f) ของ body 1X หรือ S5K bar speciment cone 9

$$S_f = \frac{L_d - L_f}{L_d} \times 100$$

$$= \frac{16.20 - 14.70}{16.20} \times 100$$

$$= 9.25\%$$

Where S_f = Percentage linear firing Shrinkage

L_f = Fired length

L_d = dry length

๔. การหา fired volume (V_f) ของ body 1X bar specimen cone 9

$$V_f = \frac{W_s - W_{sus}}{Sp.Gr.}$$

$$= \frac{30.50 - 16.00}{1}$$

$$= 14.50 \text{ c.c.}$$

Where V_f = fired volume

W_s = saturated weight with water (gm.)

W_{sus} = saturated suspended weight in water (gm.)

Sp.Gr = specific gravity of water = 1

๕. การหา Percentage of Porosity (%P) ของ body ในข้อ ๑

$$P = \frac{W_s - W_f}{V_f} \times 100$$

$$= \frac{30.50 - 30.30}{14.50} \times 100$$

$$= 1.38\%$$

Where P = percentage porosity

W_f = fired weight (gm.)

W_s = fired saturated weight with water (gm.)

V_f = fired volume (c.c.)

๖. การหา Percentage of water absorption (A) ตามข้อ ๑

$$A = \frac{W_s - W_f}{W_f}$$

$$= \frac{30.50 - 30.30}{30.30} \times 100$$

$$= 0.66\%$$

Where A = Percent of water absorption

๗. การหา Bulk specific gravity ของ speciment ข้อ ๑

$$Sp.Gr = \frac{W_f}{V_f}$$

$$= \frac{30.30}{14.50}$$

$$= 2.09$$

Where Sp.Gr = Bulk specific gravity

๔. การหาค่า Compressive Stress ของ body 1X cone 9 Cylindical column specimen

$$S_c = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{F}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

$$= \frac{4970}{\frac{\pi}{4} (2.44)^2}$$

$$= 910 \text{ Kg./cm}^2$$

Where S_c = Compressive Stress, $Kg./cm^2$

F = Compressive Force, Kg.

A = Cross Section Area, cm^2

๕. การหาค่า Tensile Stress ของ body 1X cone 9 bracket specimen

$$S_t = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{490}{2.15 \times 2.25}$$

$$= 104 \text{ Kg./cm}^2$$

Where S_t = Tensile Stress, $Kg./cm^2$

P = Tensile Force, Kg.

A = Cross Section Area, cm^2

๑๐. การหาค่า Bending Stress ของ body B cone 8 rod specimen, d = 1 cm., L = 10 cm.

$$S_b = \frac{PL}{4W}, \quad W = \frac{\pi}{32} d^3$$

$$= \frac{20 \times 10}{4 \times \frac{\pi}{32} \times 1^3}$$

$$= 510 \text{ Kg./cm}^2$$

When S_b = Bending Stress, Kg.,/cm.^{2}

P = Pressed Load, Kg.

L = Spar of support, cm.

W = Volume Resisting Moment, cm.^{3}

d = diameter rod specimen, cm.

๑๑. หาค่า Relative dielectric constant (ε_r) ของ body 1X cone 9 circular dish speciment (D_2) ขณะทำการทดลองอุณหภูมิของห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง ๓๒ องศาเซ็นติเกรด (อุณหภูมิมาตรฐานของห้องทดลอง 20°C 5° ตาม standard VDE 0335/7.56)

$$\varepsilon_r = \frac{Cx}{Co}$$

$$= \frac{37\ Pf}{3.4Pf}$$

$$= 10.79 \text{ at } 32^\circ C.$$

Or $\varepsilon_r = [\varepsilon_r t - \frac{11}{25} (t^\circ - 20^\circ)]$

$$= [10.79 - \frac{11}{25} (32^\circ - 20^\circ)]$$

$$= 10.79 - 5.28$$

$$= 5.51 \text{ at } 20^\circ C$$

ซึ่งโดยทั่วไป ε_r ของ porcelain มีค่าประมาณ ๕ ถึง ๖ ที่ $20^\circ \pm 5^\circ C$

Where ε_r = Relative dielectric constant

C_x = Capacitance of Capacitor with Porcelain speciment is dielectric in pF

Co = Capacitance of Capacitor same size as C_x with air is dielectric in pF

Parallel plate

$$Co = \frac{A}{4\pi t \times 9 \times 10^{11}} \quad \text{farad}$$

$$= \frac{20 \times 10^{-11}}{4\pi t \times 9} \quad \text{farad } (A = 20 \text{ cm.}^2)$$

$$= \frac{1.77}{t} \quad \text{Pf.}$$

t = thickness of dielectric or distance between 2 electrodes, in cm.

๑๒. หาค่า Dielectric Strength ของ Porcelain Dish (D_4) speciment body 1X, cone 9

จาก Table of Electrical data & Properties cone 9 body 1X, D_4

$U_d = \hat{U}/\sqrt{2}t = 51/4.32$ KV.

t = 4.32 mm.

β = 3.02 จาก Graph

$E_d = U_d \beta$

$= \frac{51}{4.32} \times 3.02$

= 35.70 KV/mm.

Where E_d = Dielectric strength, KV/mm.

U_d = Breakdown Voltage of Specimens.

β = Conversion factor.from Graph.

$\hat{U}$ = Max. Breakdown Voltage, (Peak Value), KV.

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินผล (Discussion of Results)

คุณสมบัติทาง Mechanical และ Electrical Property ของ Electrical Porcelain มีความสำคัญมากต่อการที่จะนำ Porcelain มาใช้งานเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง High Voltage Insulator การมีคุณสมบัติทาง Mechanical และ Electrical ดีเป็นสิ่งที่ต้องการมาก

จาก Data of Result เราจะเห็นได้ว่า วัตถุดิบที่ผสมลงไป ๕ groups ด้วยกัน คือ ดินขาวลำปาง (Kaolin), ดินขาวนครนายก (Plastic Clay), Flint จันทบุรี, Feldspar จากญี่ปุ่น และ $MgCO_3$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า

เมื่อเราเอาดินขาวลำปาง (Kaolin) เพิ่มเข้าไปใน Standard Body ๕%, ๑๐%, และ ๑๕% ตามลำดับ ก็เท่ากับว่าเราลดส่วนผสมของ Silica และ strong fluxing oxide โดยเพิ่ม Alumina และ Magnesia. Watkin ได้ทดสอบไว้แล้วว่า ถ้าเราเพิ่ม China Clay (Kaolin) แทนที่ส่วนผสมของ Flint จะทำให้ Body ที่มี Compressive Strength ลดลง ฉะนั้นผลการทดลองนี้เป็นการสนับสนุนการทดลองของ Watkin และจะพบว่า Firing Range ยังคงเท่าเดิม ไม่มีการเปลี่ยนแปลง คือประมาณ 1,280°C (Cone 9)

สำหรับ Body group ที่ ๒ เราเอาดินขาวนครนายก (Plastic Clay) เพิ่มเข้าไปใน Standard Body ๕%, ๑๐% และ ๑๕% ตามลำดับ ผลที่ได้คือทำให้ Compressive Properties ลดลง แต่ค่า dielectric strength ที่ได้สูงกว่าค่า dielectric strength ที่ได้จาก Standard Body ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดังกล่าวนี้เป็นการสนับสนุนการทดลองของ Watkin ที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นอีกเช่นกัน

สำหรับ Body group ที่ ๓ เราเพิ่ม Flint จากจันทบุรีเข้าไปใน Standard Body ๕%, ๑๐% และ ๑๕% ตามลำดับ ผลที่ได้จากการทดลองคือค่า dielectric strength ของ fired bodies ที่ได้จะเป็นปฏิภาคส่วนกลับกับการเพิ่มเปอร์เซนต์ของ Flint และจะ increase firing temperature และผลการทดลองนี้เป็นการสนับสนุนการทดลองของ Grantham

สำหรับ Body group ที่ ๔ เราเพิ่ม Feldspar เข้าไปใน Standard Body ๕%, ๑๐% และ ๑๕% ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองของ fired bodies ที่ได้มี Mechanical Strength ลดลงเล็กน้อย แต่จะเพิ่ม dielectric strength และ Decrease firing temperature ซึ่งเป็นการสนับสนุนการทดลองของ Watkin เช่นกัน

สำหรับ Body group ที่ ๕ เพิ่ม $MgCO_3$ เข้าไปใน Standard Body ๕%, ๑๐% และ ๑๕% ตามลำดับ ผลการทดสอบของ fired bodies ที่ได้Dielectric Strength มีค่าสูงขึ้นอย่างมาก แต่ Mechanical Strength ลดลง เมื่อเทียบกับ Standard Bodies

สำหรับ Body group ที่ ๖ เอาดินจากแหล่งต่าง ๆ มาแทนดินขาวลำปาง และดินขาวนครนายก ผลการทดลองปรากฏว่า ทุก Bodies มี Electric Properties และ Mechanical Properties ต่ำกว่าของ Standard Bodies ทั้งสิ้น มี Body A และ E เท่านั้นที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ Standard Body (S)

- - - - -

สรุป (Conclusion)

๑. จากผลการทดสอบคุณสมบัติทาง Mechanical แสดงให้เห็นว่า ผลการทดสอบหา Compressive Stress และ Tensile Stress ของทุก Specimens ของทุก Bodies ได้เกินจากค่า Minimum requirement ตาม Standard ของ VDE 0335/7.56 ว่าด้วยการทดสอบ Ceramic insulator

๒. จากผลการทดลองจะพบว่า ถ้าเพิ่มส่วนผสมของ Lampang Kaolin, Nakonnayok Clay, Flint และ Feldspar ลงไปในส่วนผสมของ Standard Body จะทำให้ Property ของ find body เปลี่ยนแปลงไปจาก Standard Body ดังนี้

วัตถุดิบที่เพิ่ม	คุณสมบัติทางฟิสิกส์		คุณสมบัติทางเมคานิค		คุณสมบัติทางไฟฟ้า		หมายเหตุ
	%Sf	%P	Sc	St	E_d	$T_g{}^d$	
ดินขาวลำปาง	ลดลง	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	
ดินขาวนครนายก	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	ลดลง	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	ทำให้สะดวกแก่การขึ้นแบบ, less refractoriness body
Flint จันทบุรี	ลดลงเล็กน้อย	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	Increase firing temp.
Feldspar จากญี่ปุ่น	ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก	เพิ่มขึ้น	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	Decrease firing temp.
$MgCO_3$	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	

๓. จากการจัด bodies ตามหมวด ข. โดยเอาวัตถุดิบจากแหล่งต่าง ๆ มาใช้แทนส่วนผสมของดินขาวลำปางและดินขาวนครนายกได้จากการพิจารณาผลเฉลี่ยของค่าต่าง ๆ ได้ผลดังต่อไปนี้

Body	Physical Properties		Mechanical		Electrical Properties		Remark
	%Sf	%P	Sc	St	E_d	$T_g d$	
S	มาตรฐาน	มาตรฐาน	มาตรฐาน	มาตรฐาน	มาตรฐาน	มาตรฐาน	
A	ลดลง	ลดลง	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	ลดลง	
B	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง	
C	ลดลง	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ลดลงมาก	ลดลง	ลดลง	ลดลง	
D	ลดลง	ลดลง	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	ลดลงเล็กน้อย	
E	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง	

๔. จากผลการทดลอง (Table of Results) เราจะเห็นได้ว่า bodies ที่พอจะนำมาทำ Electrical Porcelain ได้ โดยพิจารณาทั้ง Physical Properties, Mechanical Properties และ Electrical Properties จากผลการทดลองดังกล่าวมาแล้ว

<u>อันดับหนึ่ง</u> ได้แก่ Body ที่เพิ่ม Feldspar ลงไปใน Standard Body 10% (S10FP) ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C Cone 9 มีค่า Percent porosity เฉลี่ย ๐.๒๘ และมีค่า Percent water absorption เฉลี่ย ๐.๑๒

<u>อันดับสอง</u> ได้แก่ Body ที่เพิ่ม Feldspar ลงใน Standard Body 15%(S15FP) ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C (Cone 9) มีค่า Percent porosity เฉลี่ย ๐.๓ และมีค่า Percent water absorption เฉลี่ย ๐.๑๔

อันดับสาม ได้แก่ Standard Body ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C มีค่า Percent porosity เฉลี่ย ๐.๕๒ และค่า Percent water absorption เฉลี่ย ๐.๒๓

อันดับสี่ ได้แก่ Body ที่เพิ่ม Flint ลงไปใน Standard Body 15% (S15FL) ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C Cone 8 มีค่า Percent porosity เฉลี่ย ๐.๕๓ และมีค่า Percent water absorption เฉลี่ย ๐.๒๔

อันดับห้า ได้แก่ Body ที่เพิ่ม Kaolin ใน Standard Body 15%(S15K) ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C มีค่า Percent porosity เฉลี่ย ๐.๖๖ และค่า Percent water absorption เฉลี่ย ๐.๓๐

สำหรับ bodies อื่น ๆ ปรากฏว่า มีคุณสมบัติในทาง Mechanical Properties และ Electrical Properties รองลงไปจากอันดับห้าดังกล่าวแล้ว จึงไม่ได้จัดเป็น Electrical Porcelain ที่ดี (หมายถึงใช้เป็น Insulator สำหรับไฟฟ้าแรงสูงที่ต้องการใช้ Mechanical Strength สูงด้วย)

๕. สำหรับ Bodies ที่เกิดจากการเอาวัตถุดิบจากแหล่งต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อใส่แทนส่วนผสมของดินขาวลำปางและดินขาวนครนายกใน Standard Body ปรากฏว่าทั้ง 5 bodies คือ A, B, C, D และ E คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ได้ต่ำกว่าของ Standard Body แต่ก็มี Bodies A และ D (รายละเอียดดูได้จาก Bodies Composition)

๖. จากการจัด Bodies ตามหมวด ก. จากผลการทดลองปรากฏว่า Body ที่ให้ค่า Dielectric strength สูงได้แก่ Group ที่เพิ่ม $MgCO_3$ แต่ Bodies Group นี้จะให้ properties ทาง Mechanical ไม่ดี ฉะนั้น Bodies group นี้จึงเหมาะสำหรับใช้ทำ High Voltage Insulator ความถี่ต่ำชนิดที่ไม่ต้องรับแรงดึงหรือแรงกดมากนัก เช่น High tension fuse body เป็นต้น สีของเนื้อ Body นี้จะขาวกว่าของ Bodies อื่น ๆ

๗. จากผลของการทดลองที่ได้ค่า ε_r ค่า T_gd และค่า E_d ที่วัดได้ส่วนมากได้ค่าสูงกว่า Standard ทั่ว ๆ ไป ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก

ก. อุณหภูมิของห้องทดลองที่ทำการทดสอบประมาณ 29-32°C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิมาตรฐาน 20 ± 5°C ฉะนั้นค่า β ที่วัดได้ส่วนมากสูงกว่าค่าที่ได้จาก Standard

ข. สำหรับค่า T_gd ที่ได้จากการทดลองนี้ได้จากการวัดโดย Impedance Bridge ที่ 1,KC. ค่าที่ได้ส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ของ Standard คือ Electrical Porcelain ค่า T_gd มีค่าประมาณ๐.๓๔ที่๑เค.ซี.แต่ค่าที่วัดได้๐.๑๒—๐.๖๗

ค. ค่า E_d ที่ได้ส่วนมากสูงกว่าค่ามาตรฐาน ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก effect ของ Conversion factor β และการวัดค่าความหนาตรงบริเวณที่ break-down อาจจะคลาดเคลื่อน และการสร้าง specimen ให้มี dimension หลังจากการเผาไม่ได้ตามมาตรฐานจริง ๆ ค่าของ E_d ที่สูงสุดของแต่ละ Body ส่วนมากทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C (Cone 9) แทบทั้งสิ้น ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้บริเวณผิวหน้าของ specimens ถึงจุด Vitrified หรือเกินไปนิดหน่อย ผิวของ specimens จะเริ่มมีลักษณะคล้ายผิวของแก้ว จึงทำให้ porosity ของ specimens เข้าใกล้ศูนย์หรือเป็นศูนย์ จึงทำให้ specimens มีความต้านทานการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าได้สูง คือค่าของ E_d สูงนั่นเอง

๘. ค่าบางค่าของ Properties ต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้จะคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่เป็นจริงบ้างก็ตาม ทั้งนี้ก็อาจจะเนื่องมาจากมีการ error อยู่บ้าง เช่น จากการวัด เป็นต้น แต่การทดลองนี้อย่างน้อยก็พอจะเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจในเรื่อง Electrical Porcelain ได้ทำการวิจัยหาข้อเท็จจริงต่อไป เนื่องจากได้มีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ Electrical Porcelain นี้ไว้บ้างแล้วเหมือนกัน แต่ส่วนมากทำการวิจัยหนักไปทาง Physical Properties แต่การทดลองครั้งนี้มุ่งทำการทดลองและวิจัยหนักไปในทาง Mechanical และ Electrical Properties

๙. อุณหภูมิที่เผาก็เป็นตัวประกอบอันหนึ่งที่จะทำให้ผลการทดลองผิดพลาด เนื่องจากตำแหน่งต่าง ๆ ที่อยู่ในเตาเผามีอุณหภูมิไม่เท่ากัน ทำให้ Bodies สุกไม่สม่ำเสมอกัน จุดใดที่ร้อนจัดก็จะเกิด Bloating เนื่องจาก Over fired ส่วนใดร้อนไม่จัดก็จะเกิด Under fired ฉะนั้นเพื่อให้การทดลองครั้งต่อ ๆ ไปได้ผลที่แน่นอน จึงเห็นสมควรจะได้จัดการทดสอบหา temperature distribution chart ให้ในโอกาสต่อไป

๑๐. จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่า dry shrinkage ที่ได้จาก Dry Process มีค่าน้อยกว่าที่ได้จาก Wet Process และค่า fired shrinkage ที่ได้จาก Dry Process จะมีค่าน้อยกว่าที่ได้จาก Wet Process เป็นส่วนมาก

๑๑. ตลอดเวลาของการเผา test specimens นี้เป็นการเผาแบบ Oxidation ทั้งสิ้น ซึ่งผิดกับการเผา Electrical porcelain โดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งทำการเผาแบบ Reduction หรืออีกแบบที่เรียกว่า Flashing ซึ่งจะทำให้ความเนียนของเนื้อดีขึ้นและสีของผลิตภัณฑ์ขาวขึ้นกว่าการเผาแบบ Oxidation ดังจะเห็นได้จากการทดลองครั้งนี้ว่า ความเนียนของเนื้อไม่ค่อยดีและสีของผลิตภัณฑ์ไม่ขาว สู้ของที่มาจากต่างประเทศไม่ได้

๑๒. การพิจารณาอันดับของ electrical porcelain bodies ที่สร้างขึ้นจากการทดลองนี้ ตามข้อ ๙. นั้น เป็นการพิจารณาโดยทั่ว ๆ ไปที่นิยมใช้กันในทางวิชา ceramic โดยถือว่า ค่า dielectric strength ของ electrical porcelain bodies จะเป็นปฏิภาคส่วนกลับกับค่า percent porosity ของ bodies ฉะนั้น ถ้า body ใดให้ค่า percent porosity ต่ำหรือมีค่าน้อยมาก body นั้นจะมีค่า dielectric strength properties สูง

แต่สำหรับในทางวิศวกรรมไฟฟ้านั้น การที่เราจะสรุปผลและจัดอันดับของ electrical porcelain bodies ที่สร้างขึ้นนี้ เราจะต้องพิจารณาคุณสมบัติที่สำคัญ ๆ ทั้งทาง mechanical properties และ electrical properties ด้วย

คุณสมบัติที่สำคัญ ๆ ดังที่กล่าวนี้ได้ list ไว้ใน Table of bodies Selection แล้ว การที่เราจะพิจารณาว่า bodies ใดมีความเหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ทำเป็น electrical porcelain อันดับที่ ๑, ๒, ๓, ๔ และ ๕ ตามลำดับนั้น เราจะสามารถบอกได้ทันทีโดยวิธีการให้คะแนน (score) ดังต่อไปนี้คือ เรามี bodies สำหรับหมวด ก. อยู่แล้ว 15 bodies และสำหรับหมวด ข. มีอยู่แล้ว 6 bodies รวมทั้งสิ้นเป็น 21 bodies การพิจารณาให้คะแนนพิจารณาดังนี้คือ ยกตัวอย่างเช่น การพิจารณาคุณสมบัติทาง dielectric strength จาก Table of results เราจะเห็นได้ว่า body S15MG ให้ค่า E_d สูงที่สุด จึงมีคะแนนเป็น ๒๑ และส่วน bodies อื่น ๆ S5MG และ S15FP ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของ E_d ลดหลั่นกันลงมาก็จะมีคะแนนเป็น ๒๐ และ ๑๙ ตามลำดับ ส่วน body S15BA มีค่าเฉลี่ยของ E_d ต่ำสุดจะมีคะแนนเป็น ๑ โดยทำนองเดียวกันเราก็สามารถให้คะแนนแก่ bodies ทั้ง 21 bodies นี้ตามคุณสมบัติต่อไปนี้คือ compressive stress (Sc), tensile stress (St) และ dissipation factor ($T_g d$) สำหรับคะแนนของ percent ของ fired shrinkage (%Sf) และ percent ของ porosity (%P) เราให้ดังนี้คือ ถ้า body ใดมีค่า %Sf หรือ %P น้อยที่สุดใน Group จะมีคะแนนเป็น ๒๑ ส่วน body ที่มีค่า %Sf หรือ %P มากที่สุดใน Group จะมีคะแนนเป็น ๑ เสร็จแล้วเราก็รวมคะแนนต่าง ๆ เหล่านี้เข้าด้วยกัน body ใดที่ได้คะแนนมากที่สุดก็จะเป็น body ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้งานจัดเป็นอันดับหนึ่ง ส่วน body ใดที่ได้คะแนนรอง ๆ ลงมาก็จะจัดเป็นอันดับสอง, อันดับสามและอันดับสี่ตามลำดับ จากการให้คะแนนโดยวิธีดังกล่าวแล้วนี้ เราจะเห็นได้ว่า

<u>อันดับหนึ่ง</u> ได้แก่ Body ที่เพิ่ม Feldspar ลงไปใน Standard Body 15% (S15FP) ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C มีค่า percent porosity เฉลี่ยเป็น ๐.๓ และค่า percent water absorption ๐.๑๙

<u>อันดับสอง</u> ได้แก่ Standard Body ที่ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C มีค่า percent porosity เฉลี่ย ๐.๕๒ และมีค่า percent water absorption เฉลี่ย ๐.๒๓

อันดับสาม ได้แก่ Body ที่เพิ่ม Kaolin ใน Standard Body 15% (S15K) ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C มีค่า percent porosity เฉลี่ย ๐.๖๖ และค่า percent water absorption เฉลี่ย ๐.๓๐

อันดับสี่ ได้แก่ Body ที่เพิ่ม Feldspar ลงไปใน Standard Body 10% (S10FF) ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C มีค่า percent porosity เฉลี่ย ๐.๒๘ และมีค่า percent water absorption เฉลี่ย ๐.๑๒

อันดับห้า ได้แก่ Body ที่เพิ่ม Flint ลงไปใน Standard Body 15% (S15FL) ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,280°C มีค่า percent porosity เฉลี่ย ๐.๕๓ และมีค่า percent water absorption เฉลี่ย ๐.๒๔