บทที่ 4

ผลของการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลัก

4.1.1 การดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณโมลิบดีนัมในขั้นเตรียมตัวอย่าง ไม่สามารถใช้เครื่องบดตัวอย่างชนิดแท่งทรงกระบอกได้ ทั้งนี้เนื่องจากมีธาตุเหล็กจากเครื่องบดเพิ่มขึ้นในสารตัวอย่าง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.1 สำหรับกรณีใช้เครื่องบดชนิดลูกกลม ไม่ปรากฏว่ามีการเพิ่มขึ้นของทังสเตนจากเครื่องบด ดังกราฟรูปที่ 4.2 จากผลที่ได้จึงใช้เครื่องบดตัวอย่างชนิดลูกกลมบดตัวอย่างในงานวิจัยนี้

4.1.2 ผลวิเคราะห์หาปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ เทคนิคนิวตรอนแอคติเวชัน และ ICPS ตามขั้นตอนการวิจัยในข้อ 3.2.1 ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.1

4.2 ผลการสร้างกราฟมาตรฐาน

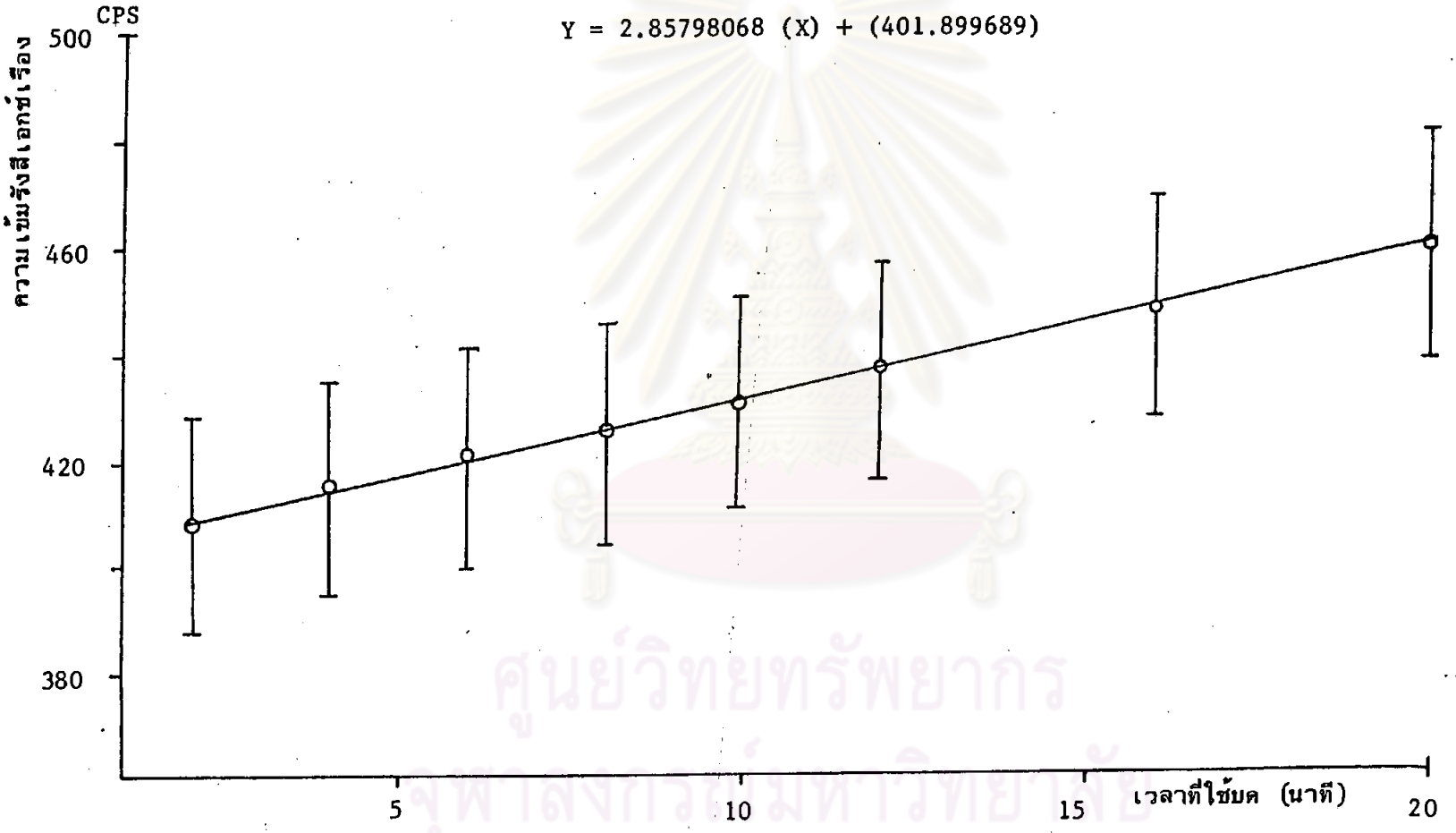
จากการวิเคราะห์ตามข้อที่ 3.2.2 เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานใช้ในการหาปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักสามารถแสดงผลการทดลองได้ดังนี้คือ

4.2.1 กราฟมาตรฐานเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียมกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้หัววัด HPGe ผลแสดงดังตารางที่ 4.2 และกราฟรูปที่ 4.3

4.2.2 กราฟมาตรฐานเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียมกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง ซึ่งวิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอชันนัล ผลแสดงดังตารางที่ 4.3 และกราฟรูปที่ 4.4

สำหรับกราฟรูปที่ 4.3 และ 4.4 ได้หาสมการถดถอย (regression equation) แบบเส้นโค้งและเส้นตรง ปรากฏว่าผลที่ได้จากวิธีทั้งสองมีความแตกต่างกันน้อยมาก จึงอาจใช้สมการถดถอยแบบเส้นตรงแทนได้เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

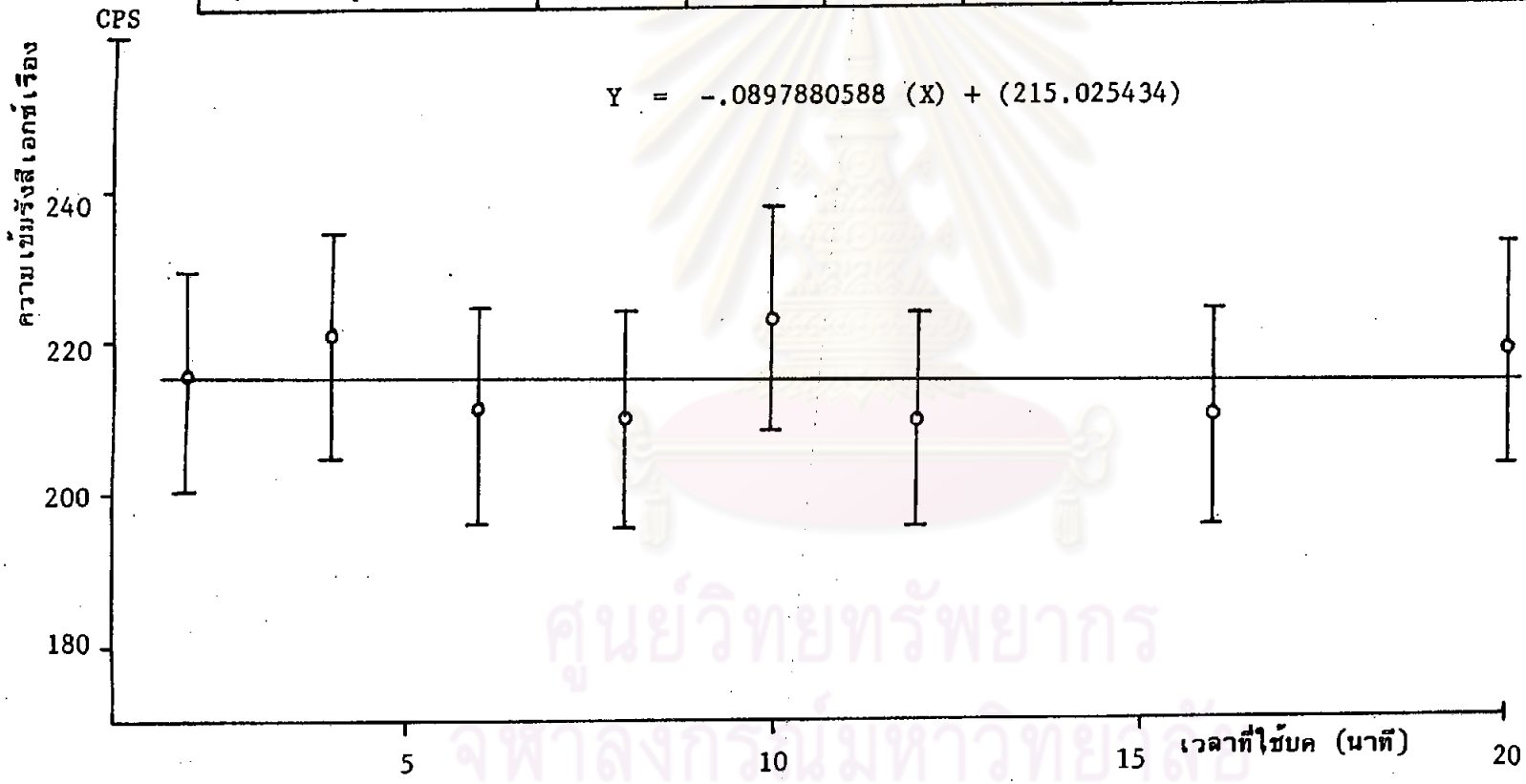
เวลาที่ใช้บดสารตัวอย่าง (นาที)	2	4	6	8	10	12	16	20
ความเข้มของ Fe K_α (counts per sec)	407.076	413.943	419.865	424.024	430.295	436.022	447.776	459.119
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (counts per sec)	20.176	20.346	20.490	20.592	20.743	20.811	21.161	21.427



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง K_{α_1}, K_{α_2} ของเหล็กในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม กับเวลาที่ใช้ในการบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างชนิดแท่งทรงกระบอก วิเคราะห์โดยหัววัด HPGe

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่ใช้บดสารตัวอย่าง (นาที)	2	4	6	8	10	12	16	20
ความเข้มของ W K_{α_1} (counts per sec)	215.1	220.6	210.2	209.1	222.3	208.7	209.4	217.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (counts per sec)	14.666	14.852	14.498	14.46	14.909	14.446	14.47	14.758



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง K_{α_1} ของทังสเตนในตัวอย่างโลหะผสมหลักไมลิบดีนัม กับเวลาที่ใช้ในการบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างชนิดลูกกลม วิเคราะห์โดยหัววัด HPGe

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ไมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักไมลิบดีนัมด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ต่าง ๆ

เทคนิคการ - วิเคราะห์ / ลำดับที่ตัวอย่าง	การเรืองรังสีเอกซ์ * %		อินดัคทีฟคัพเพิลด์พลาสมา อิมิสชันสเปคโตรมิตรี (ICPS) %	นิวตรอนแอคติเวชัน (NAA) %	หมายเหตุ
	แบบ EDX	แบบ WDX			
1	15.04	14.36	14.22	-	1. เครื่องหมาย "-" หมายถึงว่าไม่ได้ทำการวิเคราะห์
2	24.89	25.60	26.24	18.20	
3	31.39	31.47	32.30	-	2. ตัวอย่างที่ 1-5 เป็นโลหะผสมหลัก ไมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม
4	40.12	39.26	43.47	-	
5	49.92	51.28	54.50	53.62	
6	13.84	13.62	13.52	-	3. ตัวอย่างที่ 6-11 เป็นโลหะผสมหลัก ไมลิบดีนัม-เหล็ก
7	19.59	19.80	20.13	17.16	
8	24.83	24.94	26.54	-	
9	34.01	35.04	36.12	-	
10	48.29	50.20	52.51	51.00	
11	67.20	68.97	72.81	56.28	4. ตัวอย่างที่ 11 วิเคราะห์จากต่างประเทศ มีปริมาณไมลิบดีนัม 67.08%

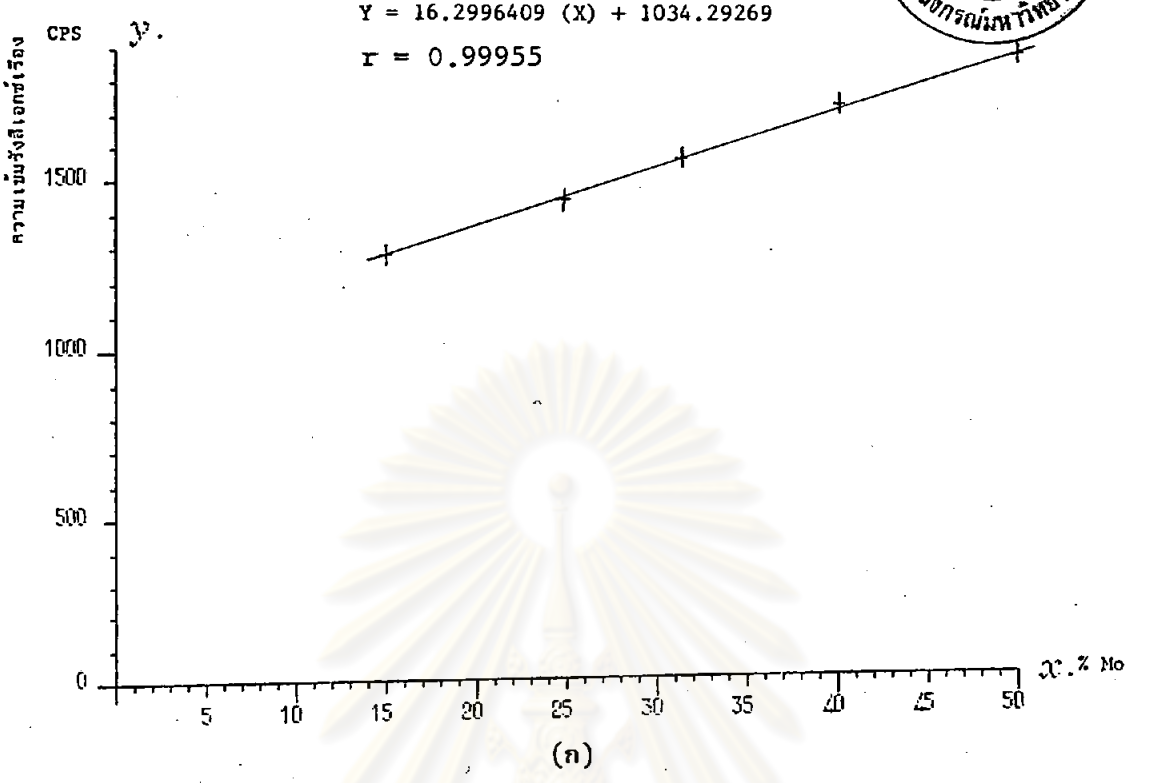
* วิเคราะห์โดยวิธีเติมสารมาตรฐานไมลิบดีนัมลงในสารตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

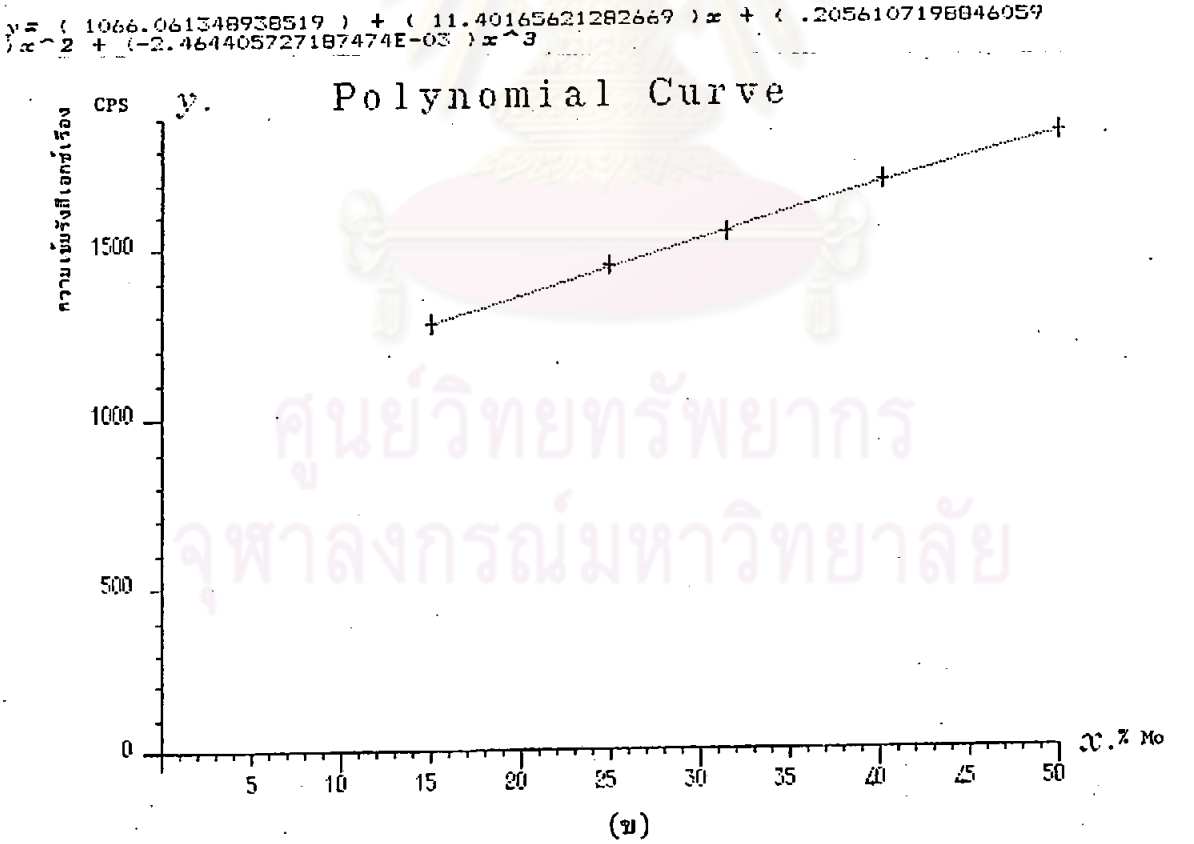
ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณความเข้มข้นของโมลิบดีนัมกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม - อะลูมิเนียม วิเคราะห์โดยหัววัด HPGe

ลำดับที่ตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นของโมลิบดีนัมในสารตัวอย่าง (%)	ปริมาณความเข้มข้นของรังสีเอกซ์เรืองที่วัดได้ (counts/sec)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (counts/sec)	หมายเหตุ
1	15.044963	1275.189	1.129	นับรังสี 1000
2	24.8960761	1442.582	1.201	วินาที
3	31.3910408	1545.701	1.243	
4	40.1260782	1697.870	1.303	
5	49.9195446	1840.520	1.356	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.3 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม กับความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง วิเคราะห์โดยหัววัด HPGe

ก. ใช้สมการถดถอยแบบเส้นตรง

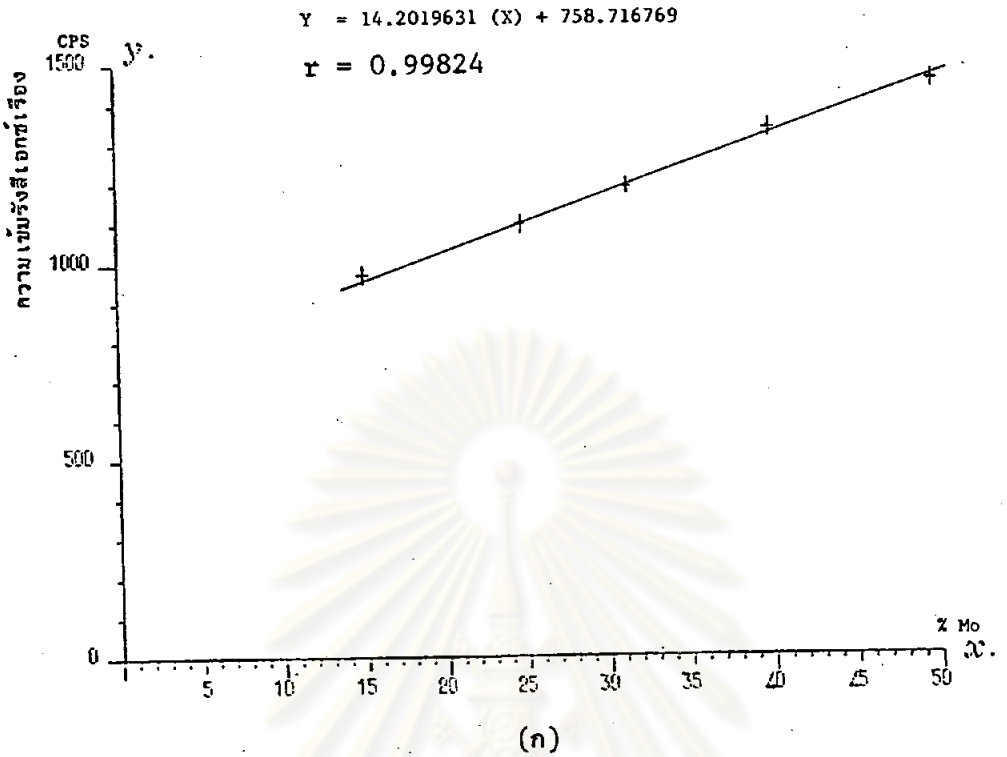
ข. ใช้สมการถดถอยแบบเส้นโค้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

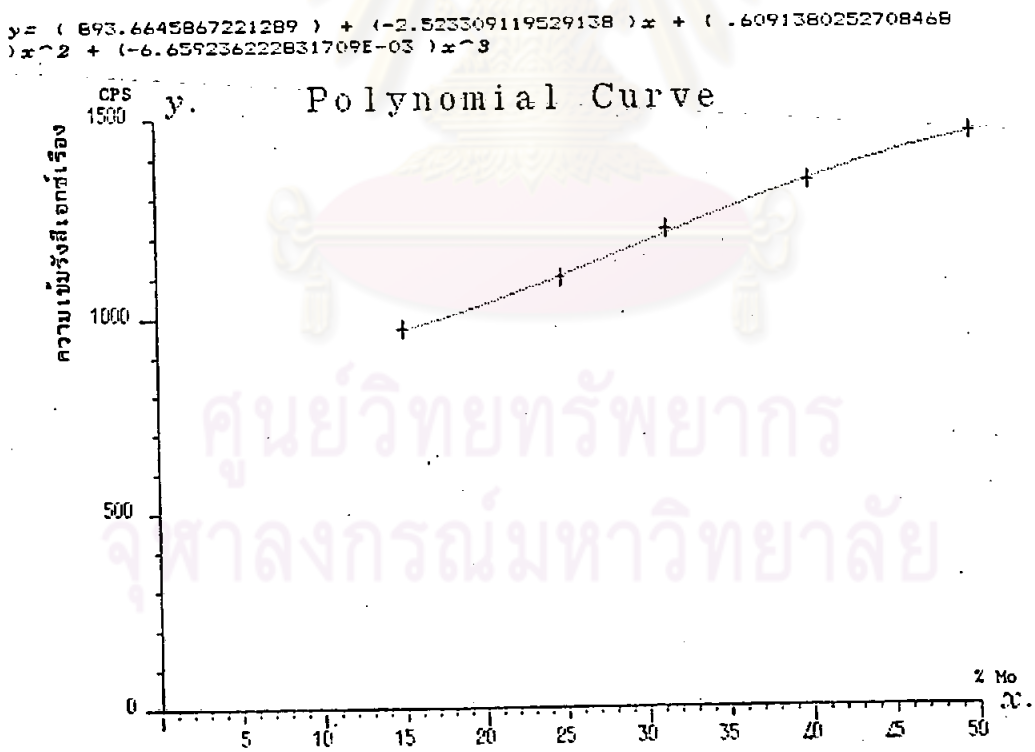
ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณความเข้มข้นของโมลิบดีนัมกับความเข้มข้นของรังสีเอกซ์เรืองที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม - อะลูมิเนียม วิเคราะห์โดยหัวพรอพอร์ชันนัล

ลำดับที่ตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นของโมลิบดีนัมในสารตัวอย่าง (%)	ปริมาณความเข้มข้นของรังสีเอกซ์เรืองที่วัดได้ (counts/sec)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (counts/sec)	หมายเหตุ
1	15.044963	971.965	0.985	นับรังสี 1000 วินาที
2	24.8960761	1099.521	1.048	
3	31.3910408	1217.364	1.103	
4	40.1260782	1338.428	1.156	
5	49.9195446	1458.186	1.207	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.4 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม กับความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง วิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอชันนัล

ก. ใช้สมการถดถอยแบบเส้นตรง

ข. ใช้สมการถดถอยแบบเส้นโค้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 กราฟมาตรฐานเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็กกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง ซึ่งวิเคราะห์โดยหัววัด HPGe ผลแสดงดังตารางที่ 4.4 และกราฟรูปที่ 4.5

4.2.4 กราฟมาตรฐานเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็กกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง ซึ่งวิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอร์ชันนัล ผลแสดงดังตารางที่ 4.5 และกราฟรูปที่ 4.6

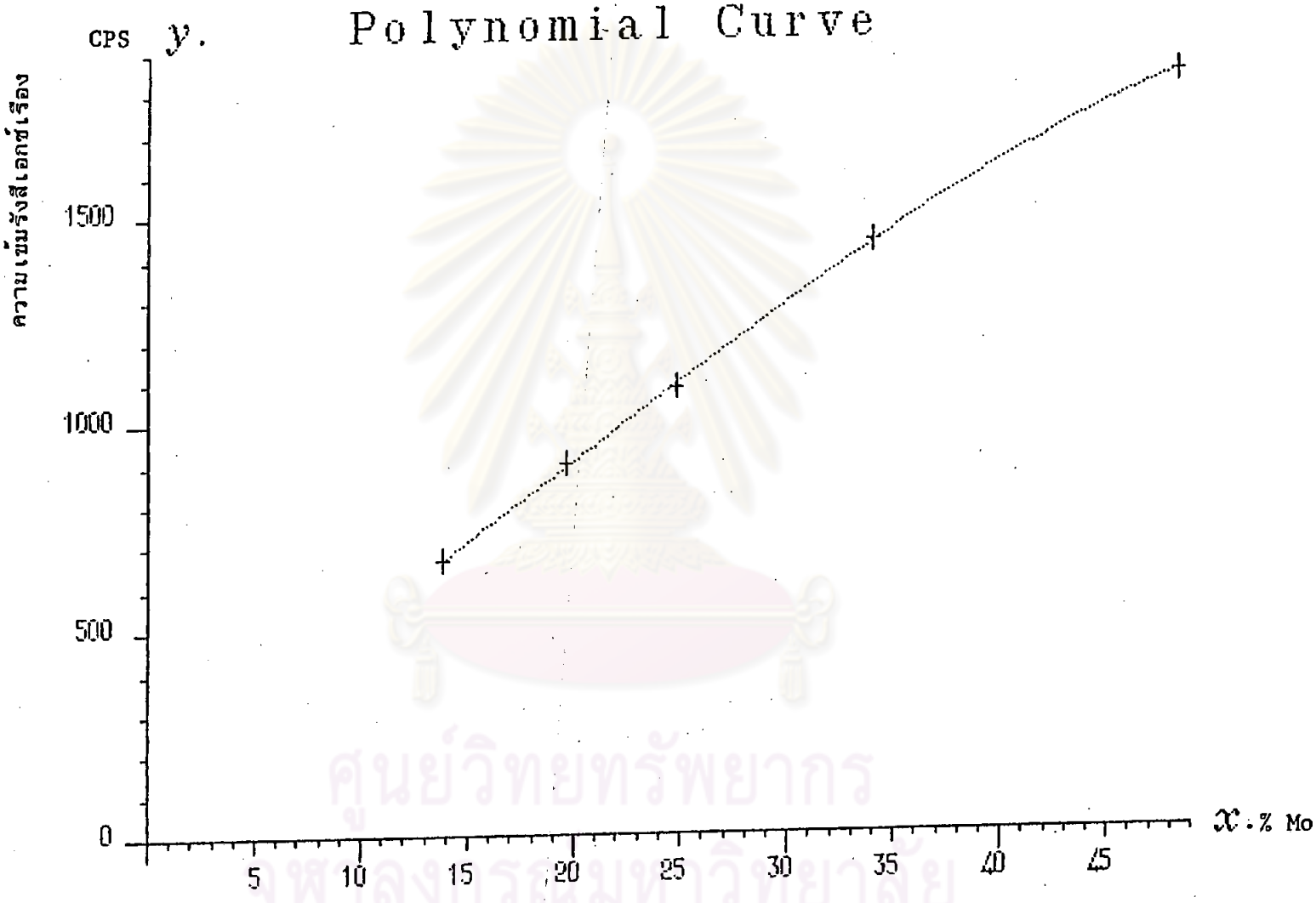
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณความเข้มข้นของโมลิบดีนัมกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก วิเคราะห์โดยหัววัด HPGe

ลำดับที่ตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นของโมลิบดีนัมในสารตัวอย่าง (%)	ปริมาณความเข้มข้นของรังสีเอกซ์เรืองที่วัดได้ (counts/sec)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (counts/sec)	หมายเหตุ
6	13.8410183	667.957	0.817	นับรังสี 1000 วินาที
7	19.5891444	898.640	0.979	
8	24.8251929	1083.768	1.041	
9	34.0093071	1434.460	1.147	
10	48.2902927	1839.220	1.356	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$y = (208.417526837429) + (27.75589139541612)x + (.5193363293249465)x^2 + (-.0081721343338039)x^3$



รูปที่ 4.5 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม - เหล็ก กับความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง วิเคราะห์โดยหัววัด HPGe

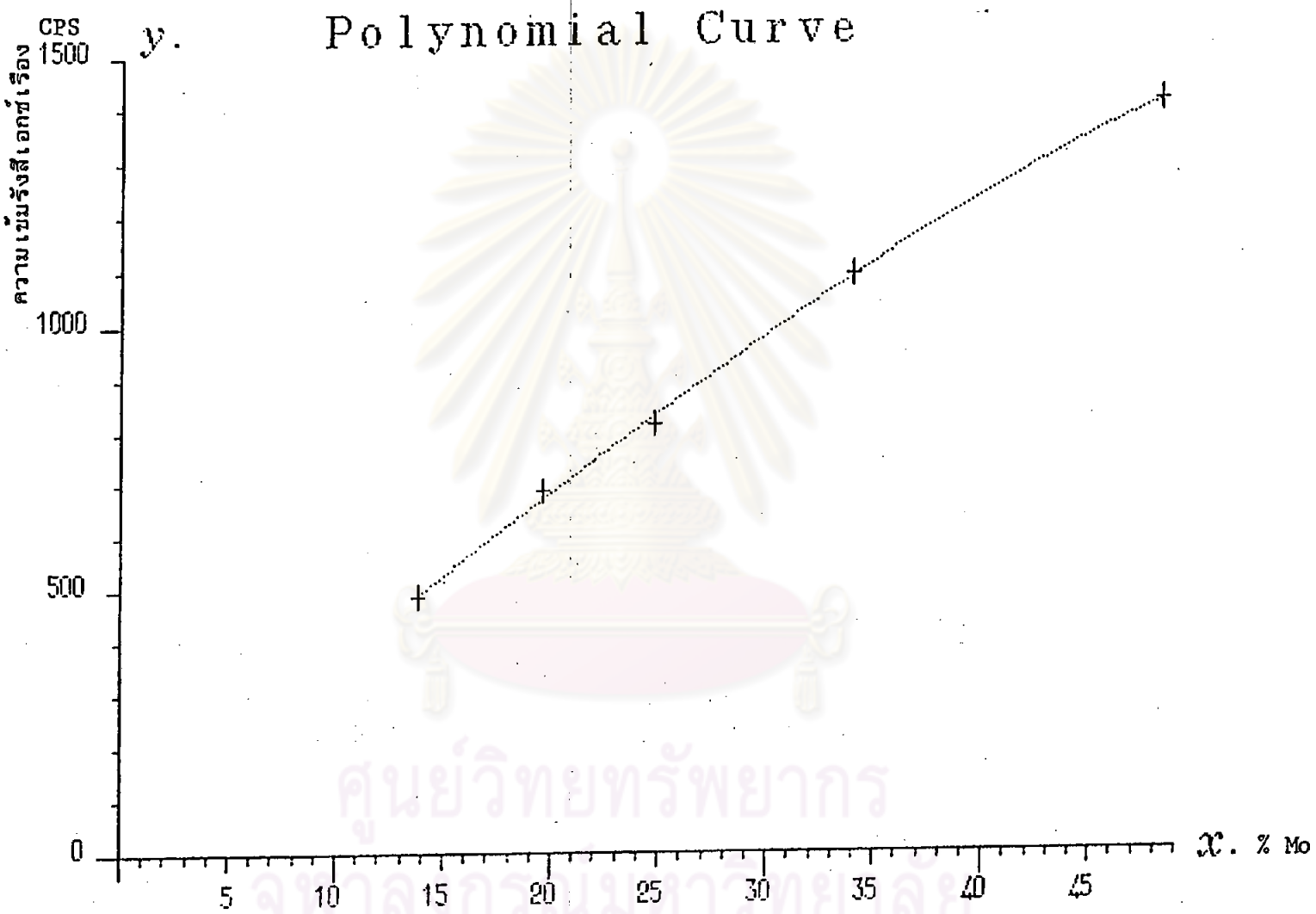
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณความเข้มข้นของโมลิบดีนัมกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม - เหล็ก วิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอร์ชันนัล

ลำดับที่ตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นของโมลิบดีนัมในสารตัวอย่าง (%)	ปริมาณความเข้มข้นของรังสีเอกซ์เรืองที่วัดได้ (counts/sec)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (counts/sec)	หมายเหตุ
6	13.8410183	486.962	0.697	นับรังสี 1000 วินาที
7	19.5589144	685.702	0.828	
8	24.8251925	815.605	0.903	
9	34.0093071	1093.018	1.045	
10	48.2902927	1408.007	1.186	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$y = (51.7124987643317) + (31.1028823802938 2) x + (.0820189698876524 2) x^2 + (-3.02139325860338 6E-03) x^3$



รูปที่ 4.6 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม - เหล็ก กับความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง วิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอชันนัล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลการทดลองเพื่อหาเวลาและความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

ในการหาเวลาและความคลาดเคลื่อนที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัม ได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1 ผลการหาเวลาและความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมของตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม แสดงดังตารางที่ 4.6 และกราฟรูปที่ 4.7 และ 4.8

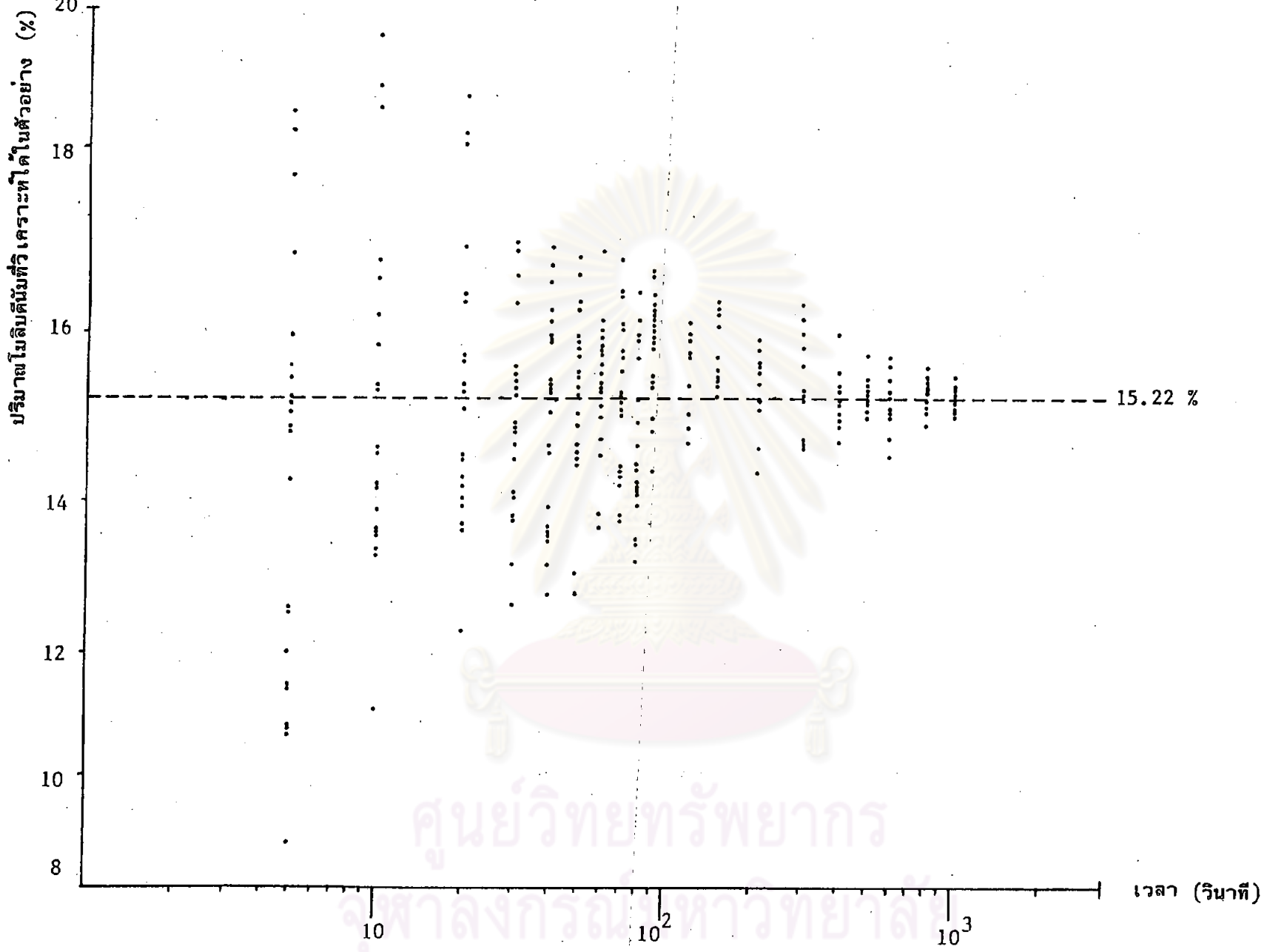
4.3.2 ผลการหาเวลาและความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมของตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก แสดงดังตารางที่ 4.7 , กราฟรูปที่ 4.9 และ 4.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 แสดงช่วงปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม - อะลูมิเนียม ที่ช่วงเวลาวิเคราะห์ต่าง ๆ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ *

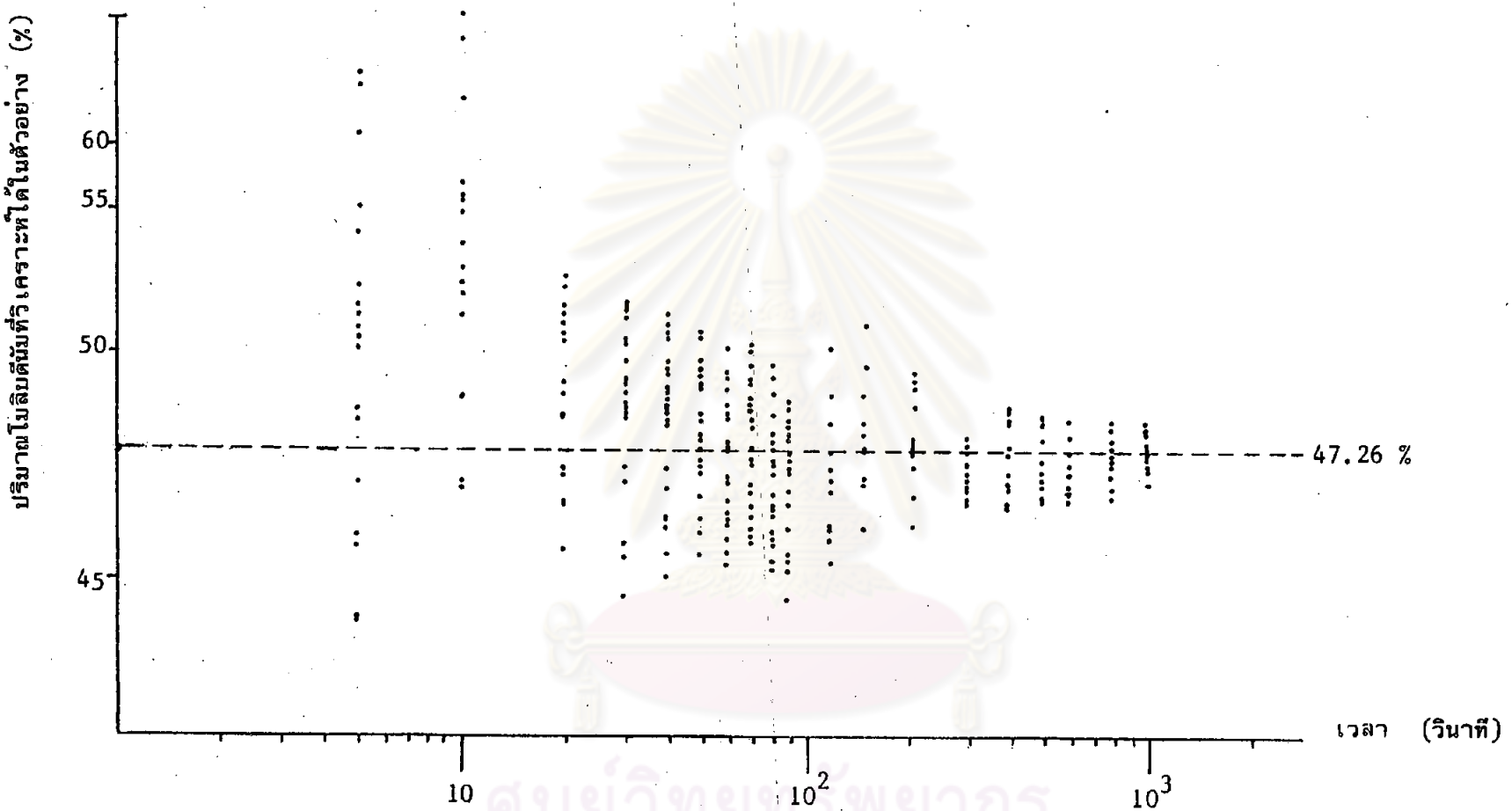
ช่วงเวลาที่ใช้วิเคราะห์ (วินาที)	ช่วงปริมาณ Mo ที่วิเคราะห์ได้ (%)		หมายเหตุ
	ตัวอย่าง 15.2244 %	ตัวอย่าง 47.2679 %	
5	8.7560 - 18.3259	44.2380 - 57.6629	
10	11.0650 - 19.0789	46.7229 - 58.1826	
20	12.2065 - 18.5159	45.5049 - 56.7089	
30	12.5840 - 16.9339	44.4369 - 51.2000	
40	12.7010 - 16.886	44.8799 - 50.7659	
50	12.7010 - 16.7959	45.2919 - 50.1889	
60	13.6430 - 16.8789	45.1490 - 49.8489	
70	13.7110 - 16.7539	45.5060 - 49.8749	
80	13.2020 - 17.1289	45.0499 - 49.1129	
90	14.3940 - 17.2619	44.5339 - 48.6159	
120	14.7350 - 16.139	45.1570 - 49.9400	
150	15.2880 - 16.3039	45.8519 - 50.5009	
210	14.2180 - 15.8630	45.8039 - 49.0809	
300	14.7230 - 16.3249	46.2740 - 47.5219	
400	14.741 - 15.9729	46.2710 - 48.2549	
500	15.004 - 15.6980	46.3500 - 48.2333	
600	14.5200 - 15.7090	46.3495 - 48.0463	
800	14.8930 - 15.5890	46.4099 - 48.0683	
1000	15.0254 - 15.4890	46.8460 - 47.9363	

* วิเคราะห์ด้วยระบบ "EDX" หัววัดพรอพอชันนัล



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างกับปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหล่อ โมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม ซึ่งมีปริมาณโมลิบดีนัม 15.22% วิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอร์ชันนัล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



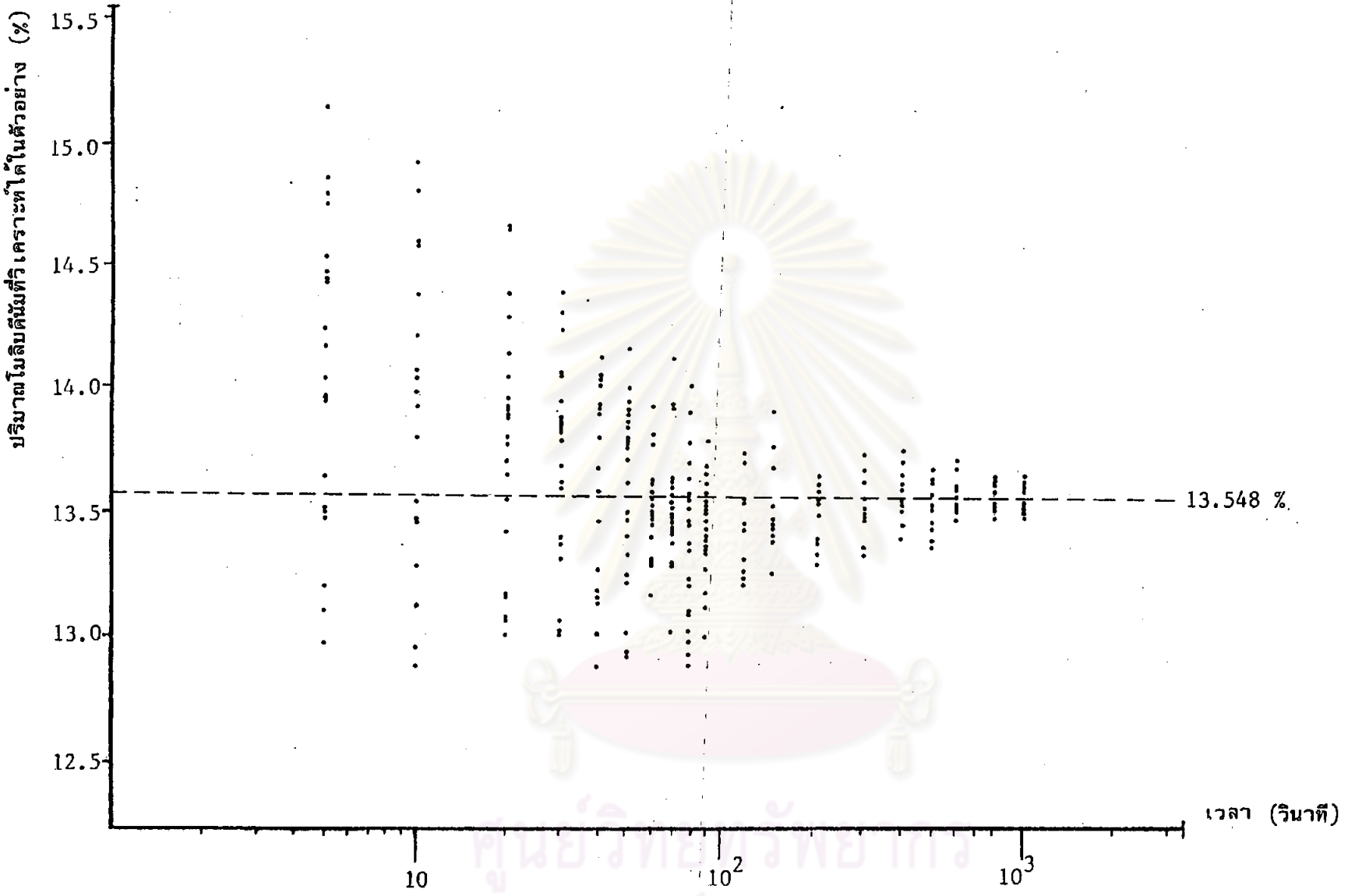
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างกับโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลัก โมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม ซึ่งมีปริมาณโมลิบดีนัม 47.26% วิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอชันนัล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

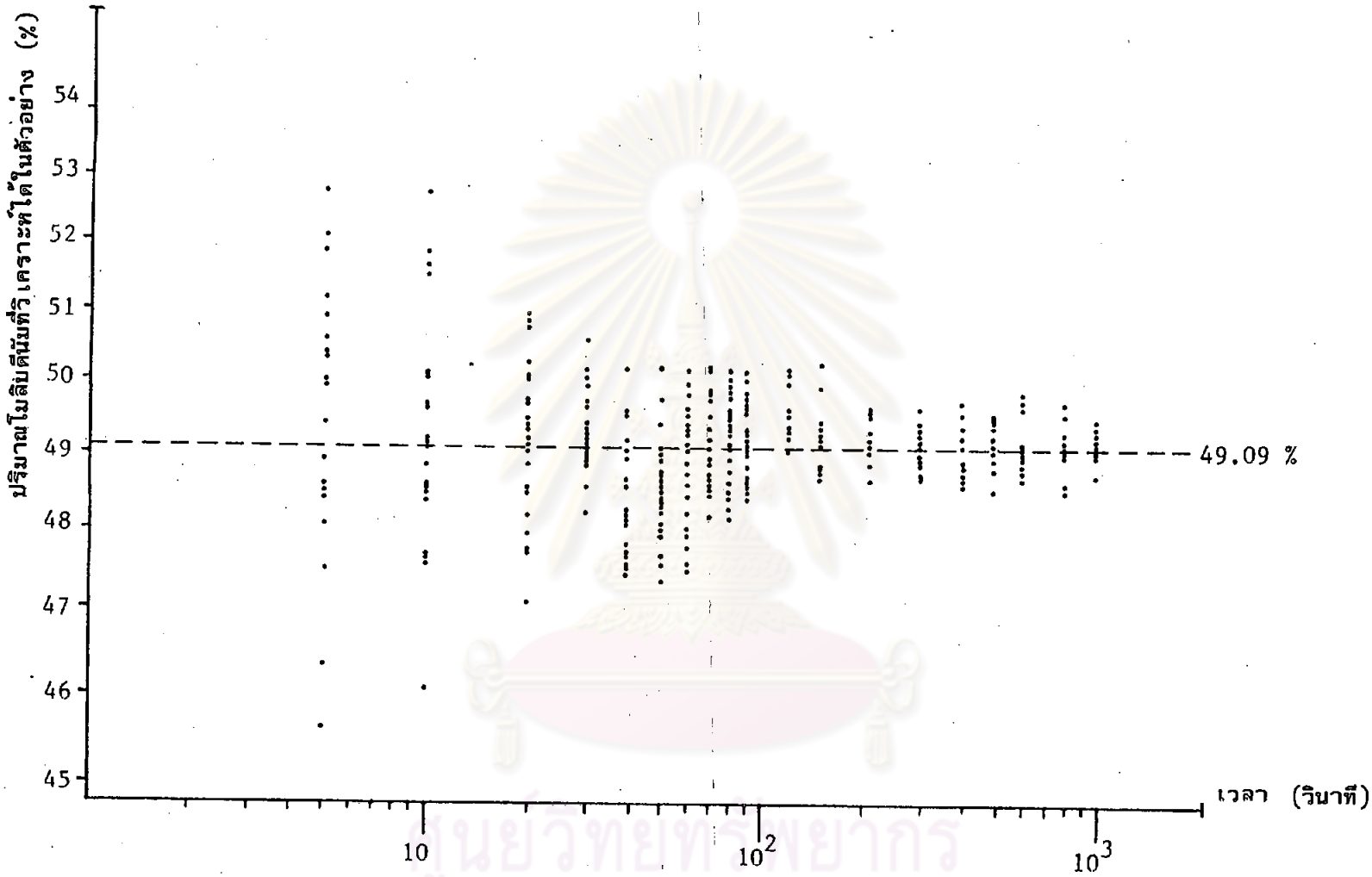
ตารางที่ 4.7 แสดงช่วงปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม - เหล็ก ที่ช่วงเวลาวิเคราะห์ต่าง ๆ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ *

ช่วงเวลาที่ใช้วิเคราะห์ (วินาที)	ช่วงปริมาณ Mo ที่วิเคราะห์ได้ (%)		หมายเหตุ
	ตัวอย่าง 13.5482 %	ตัวอย่าง 49.0922 %	
5	12.9712 - 15.1293	45.5639 - 52.7122	
10	12.8734 - 14.8926	46.0518 - 52.7327	
20	12.9901 - 14.6375	47.0186 - 50.8409	
30	12.9964 - 14.3990	48.1681 - 50.4878	
40	12.8646 - 14.1085	47.4543 - 50.3446	
50	12.9184 - 14.1877	47.9504 - 50.1445	
60	13.1585 - 13.9103	47.4613 - 50.0838	
70	13.0175 - 14.1027	48.1406 - 50.0820	
80	12.8706 - 13.9969	48.1213 - 50.1030	
90	12.9967 - 13.7758	48.4328 - 50.0880	
120	13.1887 - 13.7212	48.9835 - 50.0239	
150	13.2450 - 13.8858	48.6137 - 50.2024	
210	13.2768 - 13.6409	48.6362 - 49.5201	
300	13.3121 - 13.7178	48.6662 - 49.7401	
400	13.3751 - 13.7497	48.5613 - 50.0544	
500	13.3463 - 13.6513	48.4462 - 49.3975	
600	13.4528 - 13.6586	48.6145 - 49.7899	
800	13.4623 - 13.6199	48.4251 - 49.6152	
1000	13.4853 - 13.6338	48.6187 - 49.3748	

* วิเคราะห์ด้วยระบบ "EDX" หัววัดพรอพอชันนัล



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างกับปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลัก โมลิบดีนัม-เหล็ก ซึ่งมีปริมาณโมลิบดีนัม 13.54882% วิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอร์ชันนัล



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างกับปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก ซึ่งมีปริมาณโมลิบดีนัม 49.0922% วิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอร์ชันนัล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย