

บทที่ 3

การดำเนินโครงการ

สำหรับเนื้อหาในบทนี้ จะกล่าวถึง การสำรวจและรวบรวมข้อมูล, ขั้นตอนการคำนวณ และการเลือกใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้เหมาะสมกับระบบที่ทำการศึกษา โดยที่แต่ละหัวข้อจะแสดงข้อมูล รายละเอียดของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการดำเนิน โครงการ

3.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

การสำรวจและรวบรวมข้อมูลในการทำโครงการนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อ

- 1) หาอุณหภูมิและอัตราการไหลของก๊าซเสีย
- 2) หาอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการสันดาป
- 3) หาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อปริมาณก้อนอลูมิเนียม ในแต่ละวัน
- 4) หาปริมาณความร้อนที่ใช้ในการหลอมก้อนอลูมิเนียม

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคำนวณเพื่อหาอุณหภูมิของอากาศที่ถูกอุ่นให้ร้อนล่วงหน้าก่อนการสันดาป ซึ่งอุณหภูมินี้ สามารถนำไปคำนวณหาค่าความร้อนของปฏิกิริยา หาอุณหภูมิเปลวไฟอะเดียแบติก (T_{ad}) เพื่อหาขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสม ดังที่จะกล่าวในหัวข้อ ขั้นตอนการคำนวณและการออกแบบ ต่อไป

สำหรับโครงการนี้แบ่งการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลก่อนเข้าห้องเผาไหม้ และข้อมูลหลังออกจากห้องเผาไหม้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

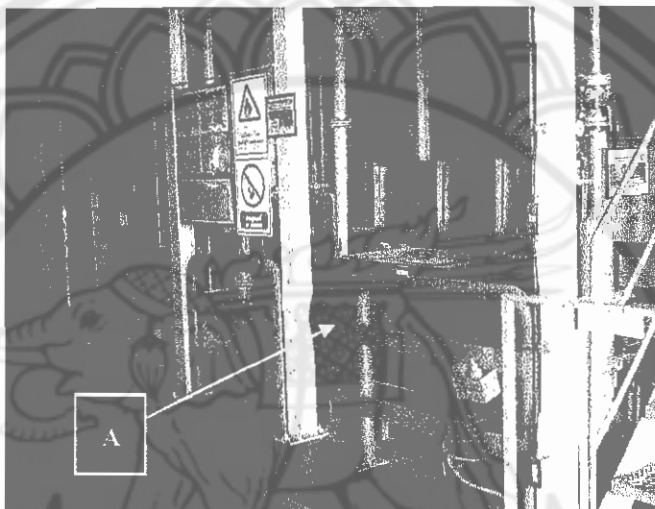
3.1.1 ข้อมูลก่อนเข้าห้องเผาไหม้

ทำการเก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 15 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2548จากเตาหลอมอะลูมิเนียม SFM-102 Section AL-DC 3 โรงหล่ออะลูมิเนียมบริษัท สยามโตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด โดยมีอุปกรณ์และเครื่องมือวัด ดังนี้คือ

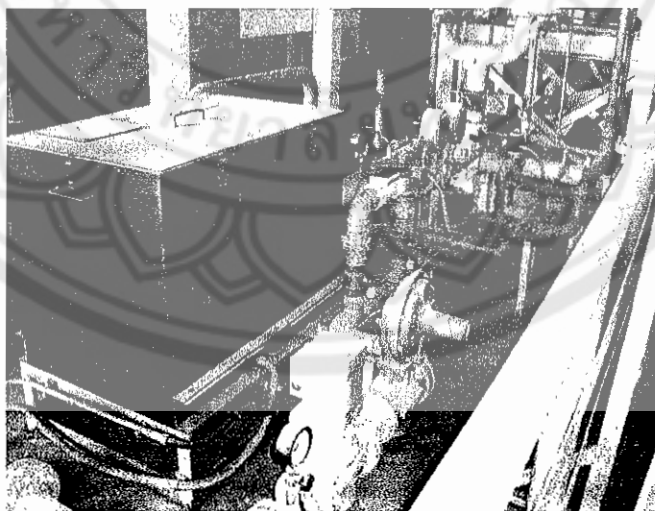
1. Digital Thermometer; Model: HFT-80 Range -200-1200°C Type K Serial No.P50392
2. เครื่องวัดความเร็วลม
3. ตลับเมตร
4. ตารางบันทึกค่า

1) การวัดข้อมูลของอากาศ

วัดอุณหภูมิอากาศโดยใช้ Digital Thermometer ได้อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้
คือ 32°C ไหลผ่าน Turbo blower(TBH-3) ขนาด $7.5\text{ kW} \times 380\text{ V} \times 50\text{ Hz}$ ที่อัตราการไหลเชิง
ปริมาตร $Q = 20\text{ m}^3/\text{min}$ ความดัน $P = 10\text{ kPa}$
ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 จุด A คือ จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้



รูปที่ 3.2 การวาง Blower, ท่ออากาศ และท่อเชื้อเพลิง

2)การวัดข้อมูลเชื้อเพลิง

ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 มกราคม พ.ศ.2549 ถึง วันที่ 31 มกราคม พ.ศ.2549
เชื้อเพลิงที่ใช้ คือ ก๊าซธรรมชาติ (Natural gas) ซึ่งข้อมูลของเชื้อเพลิงก่อนเข้าห้องเผาไหม้ มีดังนี้

2.1) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละวัน ทราบโดยการอ่านค่าจาก Flow Meter ที่ติดอยู่กับท่อ
ก๊าซธรรมชาติ (ท่อสีเหลือง) หลังจากนั้น ทำการจดบันทึกปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละชั่วโมง และ
จดบันทึกน้ำหนักของ ก้อนอลูมิเนียม (Ingot) ที่หลอมในแต่ละวัน ดังแสดงในตารางที่3.1



รูปที่3.3 บริเวณที่ติดตั้ง Flow meter บนท่อก๊าซ
จุด B คือ จุดที่อ่านค่าปริมาณการไหลของเชื้อเพลิง

2.2) ส่วนผสมของเชื้อเพลิง เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้ คือ ก๊าซธรรมชาติ ดังนั้นสารประกอบที่อยู่ใน
เชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติจึงมีหลายตัว ซึ่งสามารถหาปริมาณของสารประกอบแต่ละตัวได้จาก
ฐานข้อมูลที่ทำกรวัดโดย บริษัท อมตะ จัดจำหน่ายก๊าซธรรมชาติ จำกัด สำหรับโครงการนี้ปริมาณ
สารประกอบแต่ละตัวของก๊าซธรรมชาติใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 28-30 มกราคม พ.ศ.2549 ดังแสดงใน
ตารางที่3.2

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละวันต่อน้ำหนักของก้อนอลูมิเนียมที่ทำการหลอม

วัน/เดือน/ปี	กะกลางวัน		กะกลางคืน	
	ปริมาตรเชื้อเพลิง (m^3)	น้ำหนัก INGOT (kg)	ปริมาตรเชื้อเพลิง (m^3)	น้ำหนัก INGOT (kg)
5/ม.ค./49	559	6653	552	6018
6/ม.ค./49	546	7282.5	523	6291
7/ม.ค./49	489	5781	479	5240
9/ม.ค./49	554	7282	552	5426
10/ม.ค./49	535	7530	543	5576
11/ม.ค./49	536	7582	571	5830
12/ม.ค./49	520	5948	566	6011
13/ม.ค./49	480	5824	479	5253
15/ม.ค./49			271	1072
16/ม.ค./49	551	5468	628	8479
17/ม.ค./49	994	6650	620	7674
18/ม.ค./49	619	6179	488	5394
19/ม.ค./49	586	5678	538	7238
20/ม.ค./49	456	4274	524	6716
21/ม.ค./49	508	5795		
22/ม.ค./49			533	6332
23/ม.ค./49	565	5662	524	7097
24/ม.ค./49	575	6494.5	593	7596
25/ม.ค./49	560	5784	910	6839
26/ม.ค./49	530	6196	613	7155.5
27/ม.ค./49	595	6340		
28/ม.ค./49	536	5469		
30/ม.ค./49	533	6449	581	6570.5
31/ม.ค./49	528	6088	556	5670.5
ค่าเฉลี่ย	ปริมาตร (m^3/day)	น้ำหนัก (kg/day)	ปริมาตร (m^3/day)	น้ำหนัก (kg/day)
	561.5909	6,200.409	540.1905	6,165.643

ตารางที่ 3.2 ปริมาณก๊าซประกอบของเชื้อเพลิงฟอสซิล

GAS COMPOSITION FROM ONLINE GC AT MTP (AT DP CU) - PAST 7 DAYS													
TIME	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	iC ₄	nC ₄	iC ₅	nC ₅	C ₆ +	N ₂	HHV (GCV)	Wt	Wt
28/01/2549 12:00	11.15642	75.93494	5.625571	0.990013	0.169405	0.180617	0.059273	0.038055	0.040092	1.784827	954.3597	0.7157307	1128.073
28/01/2549 13:00	11.27419	75.6039	5.65329	1.115121	0.217104	0.207211	0.065747	0.049301	0.046359	1.772852	957.248	0.7193685	1128.623
28/01/2549 14:00	11.38309	74.3894	5.638219	1.166833	0.229611	0.218593	0.072628	0.05045	0.051134	1.802564	957.5666	0.7216582	1127.206
28/01/2549 15:00	11.25424	73.71684	5.424155	1.174709	0.229568	0.218137	0.069168	0.044586	0.046659	1.821934	956.7487	0.71926	1128.119
28/01/2549 16:00	11.35938	76.29705	5.542325	1.298814	0.257452	0.242801	0.078695	0.052046	0.056392	1.815037	960.627	0.7233821	1129.46
28/01/2549 17:00	11.44365	75.82661	5.626559	1.429671	0.28969	0.27059	0.087313	0.057429	0.063142	1.911652	963.4254	0.7275957	1128.466
28/01/2549 18:00	11.74167	76.39005	5.748635	1.475878	0.29298	0.272809	0.082961	0.052555	0.044074	1.898392	961.3544	0.7309259	1124.467
28/01/2549 19:00	11.73473	74.09808	5.921605	1.5717	0.31333	0.290339	0.088733	0.056803	0.054504	1.869847	966.0709	0.7335359	1127.972
28/01/2549 20:00	11.75146	75.07241	5.816135	1.643402	0.329875	0.303677	0.093247	0.059444	0.056665	1.871143	967.1671	0.7345329	1128.485
28/01/2549 21:00	11.7753	75.02025	5.804624	1.657459	0.335771	0.309599	0.095632	0.062043	0.062708	1.876925	967.6182	0.735368	1128.447
28/01/2549 22:00	11.64005	75.26476	5.712661	1.660797	0.329993	0.304241	0.094122	0.059606	0.056319	1.873031	967.898	0.7332222	1130.347
28/01/2549 23:00	11.72826	75.14273	5.7323	1.661151	0.332475	0.306958	0.093721	0.060637	0.063379	1.878355	967.3636	0.7343655	1128.843
28/01/2549 00:00	11.7577	74.14195	5.725883	1.661419	0.332651	0.306777	0.095967	0.060936	0.056499	1.861926	966.9521	0.7344019	1128.335
28/01/2549 01:00	11.65695	76.05047	5.704695	1.668659	0.336526	0.310388	0.096359	0.061583	0.057964	1.85732	966.219	0.7354918	1128.644
28/01/2549 02:00	11.93027	74.57264	5.669856	1.676138	0.336863	0.31125	0.095854	0.060246	0.058429	1.888424	965.027	0.7362475	1128.676
28/01/2549 03:00	11.72244	75.82758	5.597023	1.649725	0.329929	0.303712	0.093004	0.059037	0.059342	1.91153	965.4751	0.733416	1127.369
28/01/2549 04:00	11.84546	75.07763	5.609543	1.680272	0.349026	0.320557	0.098521	0.062645	0.059549	1.90255	965.895	0.7355861	1128.194
28/01/2549 05:00	11.76991	75.15829	5.664971	1.674951	0.329678	0.306083	0.09291	0.058702	0.055163	1.886941	966.0863	0.7342914	1127.412
28/01/2549 06:00	11.78723	75.13481	5.637279	1.682706	0.333189	0.308837	0.093664	0.060112	0.05612	1.906033	965.8502	0.7346466	1128.861
ค่าเฉลี่ย	11.62697	75.55625	5.676702	1.502085	0.299406	0.278568	0.086713	0.055801	0.055079	1.862699	963.6292	0.730154	1127.737

ตารางที่ 3.2 ปริมาณก๊าซประกอบของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ (ต่อ)

GAS COMPOSITION FROM ONLINE G.C. AT MTP (AT DPCU) - PAST 7 DAYS														
TIME	SO ₂	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	IC ₄	HC ₃	HC ₂	HC	IG ₂	NG ₂	C ₆ +	N ₂	HHV/dry (BTU/SCF)
29/01/2549 18:00	11.11327	75.15566	5.238221	1.030874	0.210102	0.19783	0.062366	0.039922	0.031043	1.922647	951.6267	0.7147627	1125.604	
29/01/2549 17:00	10.67602	76.11948	5.066105	0.833461	0.160386	0.147431	0.046471	0.028948	0.021452	1.897065	948.688	0.7055174	1129.457	
29/01/2549 16:00	11.07428	78.33641	5.263196	0.911511	0.165961	0.152421	0.04706	0.029976	0.022655	1.995172	946.652	0.7116983	1122.128	
29/01/2549 15:00	10.81541	74.85407	5.364536	0.756913	0.137668	0.129134	0.042097	0.027831	0.020569	1.851935	947.6998	0.7066038	1127.341	
29/01/2549 14:00	10.72534	75.06815	5.365166	0.726084	0.131103	0.124948	0.039991	0.025604	0.020169	1.773759	948.4913	0.7048572	1129.751	
29/01/2549 13:00	10.69859	76.06937	5.282162	0.758268	0.139156	0.126439	0.041421	0.027588	0.02229	1.84208	948.155	0.7049403	1129.284	
29/01/2549 12:00	10.35954	73.81651	5.058429	0.69459	0.116401	0.110953	0.036797	0.023886	0.020012	1.767302	948.7043	0.6988816	1134.826	
29/01/2549 11:00	10.30269	75.59377	5.157255	0.826696	0.14628	0.141232	0.045441	0.029509	0.029289	1.727623	954.5354	0.7014145	1139.737	
29/01/2549 10:00	10.24234	76.52889	5.235166	0.836605	0.153923	0.152239	0.057153	0.037439	0.0305	1.727677	956.6914	0.7019502	1142.114	
29/01/2549 09:00	10.48425	74.65947	5.390796	1.150656	0.216827	0.206544	0.064968	0.042383	0.038405	1.75089	963.5472	0.7103939	1143.203	
29/01/2549 08:00	10.73581	75.0546	5.455237	1.296351	0.257196	0.249634	0.079222	0.050939	0.045971	1.775834	966.347	0.7165385	1141.598	
29/01/2549 07:00	10.71342	75.08398	5.367878	1.332245	0.261559	0.243295	0.074051	0.047502	0.042933	1.814418	965.7947	0.7162291	1141.192	
29/01/2549 06:00	10.71258	75.76565	5.513155	1.41505	0.280165	0.262712	0.08215	0.052656	0.050677	1.845554	969.2697	0.7187835	1143.261	
29/01/2549 05:00	10.58543	76.91059	5.617994	1.347702	0.278617	0.257948	0.078089	0.050676	0.048747	1.832326	970.0264	0.7170635	1145.526	
29/01/2549 04:00	10.73806	74.84861	5.608802	1.283881	0.268614	0.250478	0.076758	0.048581	0.049673	1.82957	967.1234	0.7176592	1141.623	
29/01/2549 03:00	10.96662	75.58839	5.692545	1.27084	0.263914	0.251369	0.07874	0.050786	0.050587	1.787196	965.6638	0.7199509	1138.084	
29/01/2549 02:00	10.91162	75.55369	5.646169	1.323901	0.274929	0.263303	0.082767	0.052754	0.056685	1.830405	967.1727	0.7205603	1139.381	
29/01/2549 01:00	10.76128	74.93252	5.569016	1.249209	0.255927	0.244017	0.076068	0.052662	0.050561	1.806741	965.9896	0.7170466	1140.772	
ค่าเฉลี่ย	10.88646	75.18299	5.42119	1.091244	0.214542	0.200644	0.062961	0.040552	0.036287	1.863442	957.3079	0.714102	1132.881	

ตารางที่ 3.2 ปริมาณส่วนประกอบของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ (ต่อ)

GAS COMPOSITION FROM ONLINE GC AT MTP (AT DP CU) - PAST 7 DAYS														
TIME	CO ₂	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	iC ₄	nC ₄	iC ₅	nC ₅	C ₆ +	N ₂	HEAVY END	SEC	W ₁
												(RETURN)		(GROSS)
30/01/2549 16:00	12.3664	75.63467	5.606381	1.643275	0.358161	0.334521	0.112176	0.074567	0.08903	1.78082	963.816	0.7414023	1119.359	
30/01/2549 15:00	12.12314	75.21227	5.534806	1.50603	0.319042	0.294055	0.093607	0.060931	0.06552	1.790595	959.8669	0.7350196	1119.597	
30/01/2549 14:00	12.06112	75.13353	5.626437	1.513719	0.322673	0.307538	0.09867	0.063267	0.065901	1.78415	962.0466	0.7353441	1121.891	
30/01/2549 13:00	12.00174	76.92134	5.691899	1.593577	0.349439	0.333504	0.113662	0.077291	0.104289	1.813274	967.563	0.7382441	1126.106	
30/01/2549 12:00	11.99954	75.16145	5.692484	1.542306	0.328286	0.310714	0.099579	0.066462	0.068067	1.791119	964.5209	0.7353684	1124.758	
30/01/2549 11:00	12.43223	74.44527	5.736713	1.628934	0.345872	0.324708	0.103286	0.068314	0.074035	1.840644	961.7955	0.741798	1116.709	
30/01/2549 10:00	11.47178	75.45918	5.790605	1.408614	0.300353	0.265009	0.078767	0.049058	0.039288	2.136691	960.5352	0.7285696	1125.324	
30/01/2549 09:00	11.265	76.88222	5.65987	1.402985	0.300468	0.267109	0.080834	0.051391	0.046416	2.10517	962.2646	0.7259963	1129.347	
30/01/2549 08:00	11.70051	74.89029	5.448789	1.19021	0.242681	0.208733	0.061029	0.037881	0.027419	2.192536	947.7827	0.7246773	1113.362	
30/01/2549 07:00	11.66834	76.22388	5.333462	1.026942	0.204469	0.17573	0.052456	0.031615	0.021201	2.261892	941.7383	0.7210109	1109.071	
30/01/2549 06:00	11.2563	77.17669	5.065028	0.810003	0.157375	0.133885	0.040743	0.023755	0.009654	2.325405	936.8926	0.711903	1110.4	
30/01/2549 05:00	11.21523	77.2135	5.07817	0.79063	0.153672	0.130792	0.040175	0.024329	0.019661	2.333836	937.2148	0.7115344	1111.069	
30/01/2549 04:00	11.0364	76.28732	5.047417	0.797844	0.157866	0.139393	0.045075	0.027781	0.030782	2.430761	938.8586	0.7107307	1113.647	
30/01/2549 03:00	11.18399	75.01554	5.123425	0.815827	0.159652	0.132242	0.04177	0.024799	0.010788	2.493041	936.5298	0.7122733	1109.681	
30/01/2549 02:00	11.82173	75.99255	5.184244	0.871807	0.171301	0.141339	0.043003	0.025832	0.012001	2.732723	929.5424	0.7206794	1094.96	
30/01/2549 01:00	12.1423	75.14835	5.315246	1.069759	0.216839	0.179592	0.054419	0.032178	0.021294	2.822021	932.1564	0.728507	1092.124	
30/01/2549 00:00	12.13538	77.82915	5.632433	1.26377	0.246863	0.219798	0.064844	0.040564	0.031866	2.532393				

3.1.2 ข้อมูลหลังจากออกจากห้องเผาไหม้

ทำการเก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 15 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2548 ที่เตาหลอมอะลูมิเนียม SFM-102
Section AL-DC 3 โรงหล่ออะลูมิเนียมบริษัท สยามโคโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่า มีปล่องปล่อยก๊าซเสีย 2 ปล่อง โดยที่ปล่อง C.1 สำหรับไอเสียที่ออกมาจากห้องหลอม (Melting Room) และปล่อง C.2 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่านั้น สำหรับไอเสียออกมาจากห้องให้ความร้อน (Heating Room) บริเวณที่ทำการวัด ได้แก่ บริเวณปล่องที่อยู่ด้านบน ปล่องทั้งสองซึ่งทำหน้าที่รับก๊าซเสีย จากทั้งสองปล่องรวมไว้ด้วยกัน เพื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอกโรงงาน จุดที่ทำการวัดครั้งแรก คือ บริเวณริมปล่องด้านซ้ายจุดที่สอง คือ ตรงกลางปล่อง และจุดที่สาม คือ บริเวณริมปล่องด้านขวา หลังจากนั้นนำค่าที่วัดได้ทั้ง 3 ค่า มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.4 จุด C คือ จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ และอัตราการไหลของก๊าซเสีย
จุด C.1 คือ ปล่องที่ปล่อยก๊าซเสียออกจากห้องหลอม
จุด C.2 คือ ปล่องที่ปล่อยก๊าซเสียออกจากห้องเพิ่มความร้อน

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลของก๊าซเสียที่ถูกปล่อยทิ้งของเตา SFM-102 Section AL-DC 3
โดยที่อุณหภูมิก๊าซเสียมาตรฐาน คือ 600°C

ครั้งที่ทำการวัด	1	2	3	เฉลี่ย
อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	510	520	500	510
ความเร็ว (m/s)	13.6	13	12.66	13.09

3.2 ขั้นตอนการคำนวณ

สำหรับหัวข้อขั้นตอนการคำนวณนี้ จะแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการคำนวณหาค่าความร้อนในปัจจุบันที่ใช้ในเตาหลอมอลูมิเนียม (SFM-102) ส่วนที่สองแสดงการคำนวณหาค่าความร้อนที่เกิดขึ้น จากการอุ่นอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ โดยที่อากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ที่ใช้ในปัจจุบัน มีอุณหภูมิ 32 °C (305 K)

3.2.1 ข้อมูลในปัจจุบันของเตาหลอมอลูมิเนียม

ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยเฉลี่ยทั้งช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนแสดงดังตารางที่ 3.4 ซึ่งค่ามาตรฐานของก๊าซธรรมชาติ สามารถนำมาคำนวณหาค่าความร้อน, ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงได้ โดยแบ่งช่วงเวลาการทำงานออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงกลางวัน (08.00 น.-20.00 น.) และช่วงกลางคืน (20.00 น. - 08.00 น.) ดังนั้นค่ามาตรฐานของก๊าซธรรมชาติมีค่าความร้อน 8250 kcal/ m³ และราคาก๊าซธรรมชาติ 9.45 baht/ m³ การคำนวณหาค่าความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็นสองช่วง คือ ช่วงกลางวันและช่วงกลางคืน

1) ช่วงกลางวัน (8.00-20.00) การคำนวณแสดงได้ดังต่อไปนี้

ปริมาณการใช้ก๊าซต่อช่วงเวลาการทำงาน 561.5909 m³/day

ปริมาณของก้อนอลูมิเนียมที่ทำการหลอม 6200.4090 kg/day

หา ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อปริมาณก้อนอลูมิเนียมที่ทำการหลอม

$$= 561.5909 \frac{m^3}{day} \times \frac{1}{6,200.4090} \frac{day}{kg} \times \frac{1,000}{1} \frac{kg}{ton}$$

$$= 90.5732 m^3/ton$$

หาปริมาณความร้อนที่ทำการหลอมก้อนอลูมิเนียม 1 ตัน

$$= 90.5732 \frac{m^3}{ton} \times 8250 \frac{kcal}{m^3}$$

$$= 747,228.9 kcal/ton$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

$$= 90.5732 \frac{m^3}{ton} \times 9.45 \frac{baht}{m^3}$$

$$= 855.9168 baht/ton$$

เตาหลอม SFM-102 ทำงาน 16 ชั่วโมงต่อวัน, 22 วันต่อเดือน, 12 เดือนต่อปี
คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการใช้ก๊าซธรรมชาติ ดังนี้

$$= 561.5909 \frac{m^3}{day} \times 9.45 \frac{baht}{m^3} \times 22 \frac{day}{month} \times 12 \frac{month}{year}$$

$$= 1,401,057 \text{ baht/year}$$

หาปริมาณเชื้อเพลิงต่อช่วงเวลาที่ทำการหลอมก้อนอลูมิเนียม

$$= 561.5909 \frac{m^3}{day} \times \frac{1 \text{ day}}{8 \text{ hour}}$$

$$= 70.19886 m^3/hour$$

หาปริมาณความร้อนต่อช่วงเวลาที่ทำการหลอมก้อนอลูมิเนียม

$$= 747,228.9 \frac{kcal}{ton} \times \frac{1 \text{ ton}}{90.5732 m^3} \times 70.19886 \frac{m^3}{hour}$$

$$= 579,140.595 \text{ kcal/hour}$$

2) ช่วงกลางคืน (20.00-8.00) การคำนวณแสดงได้ดังต่อไปนี้

ปริมาณการใช้ก๊าซต่อช่วงเวลาการทำงาน 540.1905 m³/day

ปริมาณของก้อนอลูมิเนียมที่ทำการหลอม 6165.643 kg/day

หา ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อปริมาณก้อนอลูมิเนียมที่ทำการหลอม

$$= 540.1905 \frac{m^3}{day} \times \frac{1 \text{ day}}{6,165.643 \text{ kg}} \times \frac{1,000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$$

$$= 87.613 m^3/ton$$

หาปริมาณความร้อนที่ทำการหลอมก้อนอลูมิเนียม 1 ตัน

$$= 87.613 \frac{m^3}{ton} \times 8250 \frac{kcal}{m^3}$$

$$= 722,807.3 \text{ kcal/ton}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

$$= 87.613 \frac{m^3}{ton} \times 9.45 \frac{baht}{m^3}$$

$$= 827.9439 \text{ baht/ton}$$

เตาหลอม SFM-102 ทำงาน 16 ชั่วโมงต่อวัน, 22 วันต่อเดือน, 12 เดือนต่อปี
คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการใช้ก๊าซธรรมชาติ ดังนี้

$$= 540.1905 \frac{m^3}{day} \times 9.45 \frac{baht}{m^3} \times 22 \frac{day}{month} \times 12 \frac{month}{year}$$

$$= 1,347,667 baht/year$$

หาปริมาณเชื้อเพลิงต่อช่วงเวลาที่ทำการหลอมก้อนอลูมิเนียม

$$= 540.1905 \frac{m^3}{day} \times \frac{1 day}{8 hour}$$

$$= 67.52381 m^3/hour$$

หาปริมาณความร้อนต่อช่วงเวลาที่ทำการหลอมก้อนอลูมิเนียม

$$= 722,807.3 \frac{kcal}{ton} \times \frac{1 ton}{87.613 m^3} \times 67.52381 \frac{m^3}{hour}$$

$$= 557,071.471 kcal/hour$$

ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลเกี่ยวกับเชื้อเพลิงของช่วง 2 การทำงาน (กลางวัน และกลางคืน)

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อปริมาณก้อนอลูมิเนียมที่ทำการหลอม	89.0931	m^3/ton
ปริมาณความร้อนที่ทำการหลอมก้อนอลูมิเนียม 1 ตัน	735,018.1	kcal/ton
ปริมาณเชื้อเพลิงต่อช่วงเวลาที่ทำการหลอมก้อนอลูมิเนียม	68.86134	$m^3/hour$
ปริมาณความร้อนต่อช่วงเวลาที่ทำการหลอมก้อนอลูมิเนียม	568,106	kcal/hour
ค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ	2,748,724	baht/year

3.2.2 คำนวณค่าความร้อนของสารตั้งต้น

จากกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ และทฤษฎี สารผสมของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ (Reactant and Product mixture) จะได้สมมติฐานดังต่อไปนี้คือ

เอนทาลปีของสารตั้งต้นมีค่าเท่ากับเอนทาลปีของสารผลิตภัณฑ์; $H_{\text{prod}} = H_{\text{reac}}$

ปริมาตรของห้องเผาไหม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

สถานะคงตัวและการไหลคงที่

ความดันคงที่ที่ 1 บรรยากาศ

ในส่วนของการคำนวณจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่การคำนวณหา Equivalence Ratio (Φ) หรือตามสตอยคิโอเมตริก

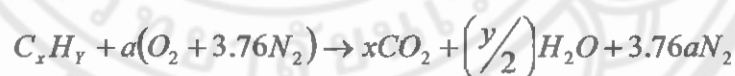
จากอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงเชิงทฤษฎี $(A/F)_{\text{Stoich}}$ และอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงจริง $(A/F)_{\text{Actual}}$ และการคำนวณหาอุณหภูมิเปลวไฟอะเดียบาติก (T_{ad}) โดยอาศัยสมมติฐานที่กำหนดไว้ข้างต้น

(1) การคำนวณหา Equivalence Ratio (Φ)

สำหรับการคำนวณในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันได้แก่การหาค่า $(A/F)_{\text{Stoich}}$ และ $(A/F)_{\text{Actual}}$ ดังต่อไปนี้ เนื่องจากนิยามของ Φ คือ $\Phi = \frac{(A/F)_{\text{Stoich}}}{(A/F)_{\text{Actual}}}$

1.1 การคำนวณอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี $(A/F)_{\text{Stoich}}$

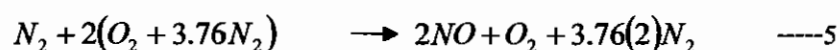
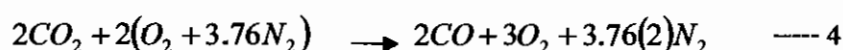
จากความสัมพันธ์ของปริมาณ Stoichiometric



สมดุลเคมีของสารไฮโดรคาร์บอนที่ Stoichiometric



สมดุลเคมีของ CO_2 และ N_2



ค่าเฉลี่ยของส่วนประกอบของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติทั้ง 3 วัน เมื่อนำมาคิดเป็น 100% โดยคิดสารตั้งต้นที่ 100 kmol แสดงได้ตารางที่ 3.5

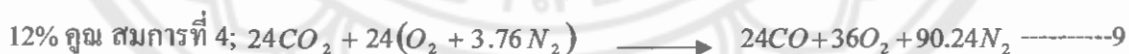
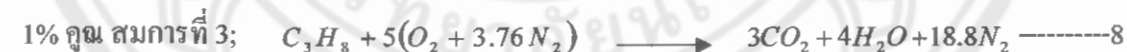
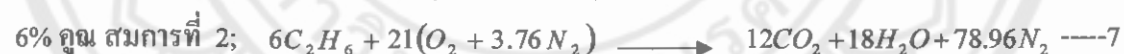
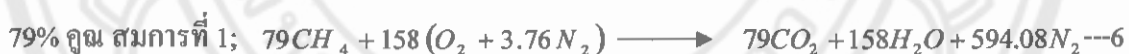
ตารางที่ 3.5 แสดงข้อมูลสรุปส่วนประกอบของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

ส่วนประกอบของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ	kmol %	100%	MW _i
CH_4 (Methane)	75.1599	79	16.043
C_2H_6 (Ethane)	5.5143	6	30.069
C_3H_8 (Propane)	1.2738	1	44.096
CO_2 (Carbon dioxide)	11.4237	12	44.011
N_2 (Nitrogen)	1.9696	2	28.013
รวม	95.3413	100	162.232

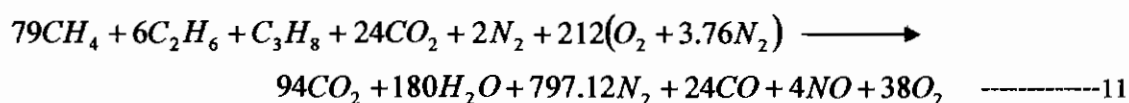
การคำนวณในลำดับต่อไปเป็นการหาค่า $(A/F)_{stoic}$

ใช้หลักเกณฑ์ ส่วนประกอบของเชื้อเพลิง 100 kmol = 100%

นำส่วนประกอบของเชื้อเพลิงแต่ละตัวจาก 100% มาคูณสมการที่ 1-5



รวมสมการที่ 6, 7, 8, 9 และ 10 จะได้



จากสมการ

$$(A/F)_{stoic} = \frac{4.76a}{n_{fuel}} \times \frac{MW_{air}}{MW_{fuel}}$$

จะได้

$$\begin{aligned} &= 4.76 \times 212 \times 28.85 \times \frac{1}{\sum n_i MW_i} \\ &= 4.76 \times 212 \times 28.85 \times \left[\left(\frac{1}{79 \times 16.043} \right) + \left(\frac{1}{6 \times 30.069} \right) + \left(\frac{1}{1 \times 44.096} \right) + \left(\frac{1}{24 \times 44.011} \right) + \left(\frac{1}{2 \times 28.0133} \right) \right] \\ &= 29113.112 \times 0.04781 \\ &= 1391.75839 \end{aligned}$$

จากหลักเกณฑ์ ส่วนประกอบของเชื้อเพลิง 100 kmol = 100%

$$\text{ส่วนประกอบของเชื้อเพลิง 100 kmol จะได้ } (A/F)_{stoic} = 1391.75839$$

$$\text{ดังนั้น ส่วนประกอบของเชื้อเพลิง 1 kmol จะได้ } (A/F)_{stoic} = \frac{1391.75839 \times 1}{100}$$

เพราะฉะนั้น

$$(A/F)_{stoic} = 13.91758$$

1.2 หาอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ใช้จริง

สำหรับข้อมูลของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้นั้น สามารถหาได้จากอากาศที่ออกจาก Turbo blower

(TBH-3) ขนาด $7.5 \text{ kW} \times 380 \text{ V} \times 50 \text{ Hz}$ ดังนั้นคือ $Q = 20 \text{ m}^3/\text{min}$ $P = 10 \text{ kPa}$

โดยกำหนดให้ คิดที่ช่วงการทำงาน 1 ชั่วโมงจะได้ปริมาณของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ คือ

$$Q_{air} = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{Hr}} = 1200 \frac{\text{m}^3}{\text{Hr}}$$

สำหรับข้อมูลของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ นั้น สามารถดูได้จากตารางที่ 3.4 ซึ่งแสดงปริมาณเชื้อเพลิงต่อ

ช่วงเวลาที่ทำการหลอมก้อนอลูมิเนียมเป็น $68.86134 \frac{\text{m}^3}{\text{Hr}}$

ดังนั้นจะได้อัตราการไหลเชิงปริมาตรของเชื้อเพลิงเป็น $Q_{fuel} = 68.86134 \frac{\text{m}^3}{\text{Hr}}$

เมื่อได้ข้อมูลปริมาณของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ กับปริมาณเชื้อเพลิงต่อช่วงเวลาที่ทำให้การหลอมก้อนอลูมิเนียม สามารถนำมาหาค่าอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ใช้จริงได้ หลังจากนั้นจึงนำค่าอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ใช้จริงและอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีมาหาค่า Equivalence Ratio (Φ) ต่อไป

$$(A/F)_{actual} = 4.76 \frac{n_{air}}{n_{fuel}} \times \frac{MW_{air}}{MW_{fuel}}$$

หาค่า n_{air} โดย

$$\begin{aligned} n_{air} &= Q_{air} \frac{m^3}{Hr} \times \rho_{air@305K} \frac{kg}{m^3} \\ &= 1200 \times 0.98 \\ &= 1224.4898 \frac{kg}{Hr} \end{aligned}$$

หาค่า n_{fuel} โดย

$$\begin{aligned} n_{fuel} &= Q_{fuel} \frac{m^3}{Hr} \times \rho_{fuel@305K} \frac{kg}{m^3} \\ &= 68.86134 \frac{m^3}{Hr} \times \sum \chi_i \rho_i@305K \frac{kg}{m^3} \end{aligned}$$

หาค่า $\rho_{fuel@305K}$ โดยใช้สมการ

$$P = \rho RT \quad \text{หรือ} \quad \rho = \frac{P}{RT}$$

โดยที่ $P = 101325$ (Pa)

$T = 305$ (K)

$R = \frac{R_u}{MW}$ (J/kmol-K)

$$\rho_{CH_4} = \frac{101325}{305 \times 8315 \times \frac{1}{16.043}} = 0.6410$$

$$\rho_{C_2H_6} = \frac{101325}{305 \times 8315 \times \frac{1}{30.069}} = 1.2014$$

$$\rho_{C_3H_8} = \frac{101325}{305 \times 8315 \times \frac{1}{44.096}} = 1.7618$$

$$\rho_{CO_2} = \frac{101325}{305 \times 8315 \times \frac{1}{44.011}} = 1.7584$$

$$\rho_{N_2} = \frac{101325}{305 \times 8315 \times \frac{1}{28.013}} = 1.1192$$

ต่อไปหาค่า mole fraction ของเชื้อเพลิง

$$N_{tot} = 1.12$$

$$\chi_{CH_4} = \frac{0.79}{1.12} = 0.7054$$

$$\chi_{C_2H_6} = \frac{0.06}{1.12} = 0.0536$$

$$\chi_{C_3H_8} = \frac{0.01}{1.12} = 0.0089$$

$$\chi_{CO_2} = \frac{0.24}{1.12} = 0.2143$$

$$\chi_{N_2} = \frac{0.02}{1.12} = 0.0179$$

$$\begin{aligned} \sum \chi_i \rho_i &= (0.7054 \times 0.6410) + (0.0536 \times 1.2014) + (0.0089 \times 1.7618) + (0.2143 \times 1.7584) + \\ &\quad (0.0179 \times 1.1192) \\ &= 0.9291 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{fuel} &= 68.86134 \frac{m^3}{Hr} \times \sum \chi_i \rho_i @ 305K \frac{kg}{m^3} \\ &= 68.86134 \times 0.9291 \\ &= 63.9791 \end{aligned}$$

หลังจากนั้นหาค่า $(A/F)_{actual}$ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} (A/F)_{actual} &= 4.76 \frac{n_{air}}{n_{fuel}} \times \frac{MW_{air}}{MW_{fuel}} \\ (A/F)_{actual} &= 4.76 \times 1224.4898 \times 28.85 \times \frac{1}{n_{fuel} \times MW_{fuel}} \\ &= 168154.2863 \times \frac{1}{(63.9791 \times 162.232)} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น

$$(A/F)_{actual} = 16.2007$$

ห1 Equivalence Ratio (Φ)

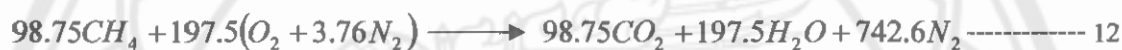
$$\Phi = \frac{(A/F)_{stoic}}{(A/F)_{actual}} = \frac{13.91758}{16.2007}$$

$$\Phi = 0.8$$

(2.) การคำนวณหาอุณหภูมิเปลวไฟอะเดียบาติก(T_{ad})

หลังจากที่ได้ค่า Equivalence Ratio (Φ) แล้ว นำไปหารสมมูลเคมีของสารไฮโดรคาร์บอนที่ Stoichiometric และสมมูลเคมีของ CO_2 และ N_2 ดังนี้

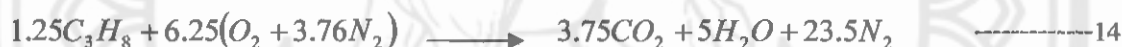
สมการเคมีที่ 6 หาร 0.8;



สมการเคมีที่ 7 หาร 0.8;



สมการเคมีที่ 8 หาร 0.8;



สมการเคมีที่ 9 หาร 0.8;

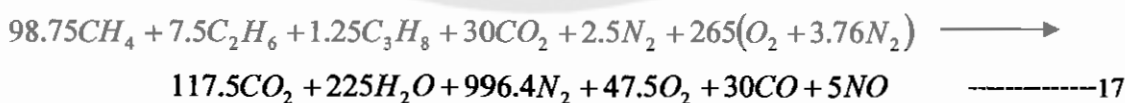


สมการเคมีที่ 10 หาร 0.8;



รวมสมการที่ 12, 13, 14, 15 และ 16

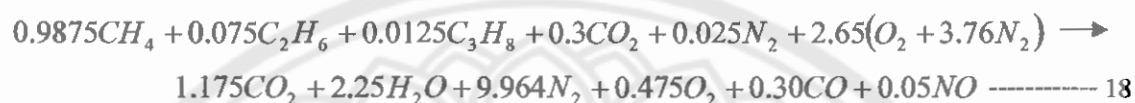
จะได้



สมการเคมีที่ 17 คิดอ้างอิงจาก 100 kmol

เมื่อนำ 100 kmol ไปหาร สมการเคมีที่ 17 จะได้ สมดุลเคมีสารผสมของสารตั้งต้น และ
สารผลิตภัณฑ์ที่ 1 kmol จะได้สมการเคมีของการเผาไหม้จริง ดังนี้

สมการเคมีของการเผาไหม้จริง



จากสมการเคมีที่ 18 ส่วนประกอบในเชื้อเพลิงของสารตั้งต้น คือ

Carbon atom = 1.475 Hydrogen atom = 4.5

Nitrogen atom = 0.05 Oxygen atom = 0.6

และ เอนทาลปีของสารตั้งต้น คือ

$$\overline{H}_{\text{reac}} = 0.9875\overline{h}^{\circ}_{f,CH_4} + 0.075\overline{h}^{\circ}_{f,C_2H_6} + 0.0125\overline{h}^{\circ}_{f,C_3H_8} + 0.3\overline{h}^{\circ}_{f,CO_2} \\ + 0.025\overline{h}^{\circ}_{f,N_2} + 2.65\Delta\overline{h}_{s,O_2} + 9.964\Delta\overline{h}_{s,N_2} \text{ ----- 19}$$

หลังจากนั้น ใช้โปรแกรม HP FLAME เพื่อหาค่า Adiabatic flame temperature สำหรับการเผาไหม้ที่ความดันคงที่ค่าที่ได้แสดง ดังตาราง 3.6

ตาราง 3.6 ค่า Adiabatic flame temperature สำหรับการเผาไหม้ที่ความดันคงและ H_{reac}
จากโปรแกรม HP FLAME

T^* (K)	$\bar{h}_{f,CO_2}^o$ (kJ/kmol)	$\Delta \bar{h}_{s,O_2}$ (kJ/kmol)	$\Delta \bar{h}_{s,N_2}$ (kJ/kmol)	H_{reac} (kJ/kmol _{fuel})	T_{ad} (K)
298	0	0	0	-199607.525	1,957.54
305	-393,546	203	200	-197078.125	1,961.54
313	-393,550.5	441	433	-194,127.493	1965.96
323	-393,563.1	739	725	-190,430.405	1971.48
333	-393,570.1	1,036	1,017	-186,735.967	1976.99
343	-393,577.1	1,334	1,309	-183,038.879	1982.48
353	-393,584.1	1,632	1,601	-179,341.791	1987.96
363	-393,591.1	1,930	1,893	-175,644.703	1993.43
373	-393,598.1	2,227	2,185	-171,950.265	1998.88
383	-393,605	2,525	2,477	-168,253.147	2004.30
393	-393,612	2,823	2,769	-164,556.059	2009.69
400	-393,617	3,031	2,973	-161,973.703	2013.45

* T คือ อุณหภูมิของอากาศที่ถูกอุ่น

เมื่อทราบค่า Carbon atom, Hydrogen atom, Oxygen atom, Nitrogen atom ที่มีอยู่ในเชื้อเพลิง, Equivalence Ratio (Φ) และ เอนทาลปีของสารตั้งต้นแล้วเราสามารถหาค่า T_{ad} ที่ความดันคงที่ได้ โดยใช้โปรแกรม HPFLAME ซึ่งจะแสดงตัวอย่างการคำนวณโดยใช้โปรแกรม HP FLAME ในภาคผนวก ค.

3.3 การเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ในการเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเตาอุตสาหกรรมสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเลือกทิศทางการไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การกำหนดอุณหภูมิที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และการเลือกชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

1) การเลือกทิศทางการไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ถ้าอุณหภูมิของความร้อนทิ้ง (Waste heat) เหมาะสมกับการใช้ในกระบวนการผลิตเดียวกัน หรือกระบวนการผลิตใกล้เคียงกัน โดยปกติแล้วเรามักจะเลือกการไหลแบบสวนทางกัน (Counter flow) เพราะมีประสิทธิภาพการส่งถ่ายความร้อนที่สูงที่สุด

2) การกำหนดอุณหภูมิที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

จากตารางที่ 3.7 สามารถหาอุณหภูมิที่ใช้อุ่นอากาศล่วงหน้า ซึ่งก็คืออุณหภูมิที่กำหนดให้ออกมาจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อทราบอุณหภูมิของก๊าซทิ้ง จากตารางที่ 3.3 อุณหภูมิของก๊าซทิ้งที่ทำการวัดได้ คือ 510°C ดังนั้น อุณหภูมิที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนควรมีค่าประมาณ 130°C และมีการเก็บคืนความร้อนทิ้ง 20% (จากตารางที่ 3.7)

ตารางที่ 3.7 อัตราส่วนอากาศมาตรฐานของการเก็บคืนความร้อนทิ้งสำหรับเตาในอุตสาหกรรม
(อัตราส่วนอากาศ = 1.2 อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้า 20°C)

อุณหภูมิก๊าซทิ้ง ($^{\circ}\text{C}$)	การแบ่ง ตามความจุ	ค่ามาตรฐานของ อัตราส่วนการเก็บ ความร้อนทิ้ง (%)	หมายเหตุ	
			อุณหภูมิก๊าซทิ้ง ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิที่อุ่น อากาศล่วงหน้า ($^{\circ}\text{C}$)
500	AB	20	200	130
600	AB	20	290	155
700	A	30	300	260
	B	25	330	220
	C	20	370	180
800	A	35	370	300
	B	25	410	250
	C	20	450	205

ตารางที่ 3.7 (ต่อ) อัตราส่วนอากาศมาตรฐานของการเก็บคืนความร้อนทิ้งสำหรับเตาในอุตสาหกรรม
(อัตราส่วนอากาศ = 1.2 อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้า 20 °C)

อุณหภูมิก๊าซทิ้ง (°C)	การแบ่ง ตามความจุ	ค่ามาตรฐานของ อัตราส่วนการเก็บ ความร้อนทิ้ง (%)	หมายเหตุ	
			อุณหภูมิก๊าซทิ้ง (°C)	อุณหภูมิที่อุณหภูมิ อากาศล่วงหน้า (°C)
900	A	35	400	385
	B	25	490	285
	C	20	530	230
1,000	A	40	420	490
	B	30	520	375
	C	25	570	315
เกิน 1,000	A	40	-	-
	B	30	-	-
	C	25	-	-

หมายเหตุ A ความจุมาตรฐาน มากกว่า 20,000,000 kcal/hr
B ความจุมาตรฐาน มากกว่า 5,000,000 kcal/hr แต่น้อยกว่า 20,000,000 kcal/hr
C ความจุมาตรฐาน มากกว่า 1,000,000 kcal/hr แต่น้อยกว่า 5,000,000 kcal/hr

3) การเลือกชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

สำหรับโครงการนี้จะพิจารณาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 2 ชนิด คือ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ (Shell and Tube Heat Exchanger) กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger) เนื่องจากเป็นแบบที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดและเป็นที่นิยมในประเทศไทย เพราะฉะนั้นเราจะต้องทำการเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 2 ชนิดเสียก่อน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ(Shell and Tube Heat Exchanger)

ข้อดี

- (1) มีพื้นที่ถ่ายเทความร้อนมาก
- (2) มีขนาดกะทัดรัด
- (3) ลักษณะการก่อสร้างสามารถขยายขึ้นได้ง่าย เพื่อรับภาระ (Load) ที่เพิ่มขึ้น
- (4) ไม่สามารถใช้กับของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงได้
- (5) ปกติมิให้เลือกซื้อได้ในประเทศ เพราะ มีขนาดมาตรฐาน และกำลังเป็นที่นิยม

ข้อเสีย

- (1) ช่องทางผ่านของเหลวภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ ซึ่งจะถูกอุดตันด้วยของแข็งที่ปะปนมาได้ง่าย
- (2) ฟิล์มบางผนังกันรั่วในระหว่างแผ่นจะต้องเปลี่ยนบ่อย
- (3) ความดันตกในระหว่างทางเข้าและทางออกมีค่าสูง บีบของเหลวจะทำงานหนักขึ้น
- (4) เหมาะกับงานความดันต่ำ

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น(Plate Heat Exchanger)

ข้อดี

- (1) มีช่องของไหลผ่านโต
- (2) ใช้กับงานที่มีความดันและอุณหภูมิสูงมากได้ดี
- (3) เหมาะต่อการใช้กับของเหลวที่ไวไฟ เนื่องจากสร้างโดยการเชื่อม

ข้อเสีย

- (1) ใหญ่เทอะทะกินเนื้อที่ติดตั้งมาก
- (2) ประสิทธิภาพน้อย
- (3) ไม่สามารถเพิ่มขนาดได้ง่ายๆ
- (4) ยากต่อการทำความสะอาด
- (5) ผลิตขึ้นเป็นตัวๆตามความต้องการของผู้ซื้อ
- (6) สำหรับตัวใหญ่อาจต้องใช้เครื่องยกในการติดตั้ง เช่น เครน

จากคุณสมบัติข้างต้นจึงเลือกใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger)

3.4 การประหยัดเชื้อเพลิง

ในส่วนของการประหยัดเชื้อเพลิงนี้ จากหลักสมมติฐานว่าการถ่ายเทความร้อนของทั้งภาชนะ ความร้อนที่เกิดขึ้นและความร้อนสูญเสียนั้นมีสถานะการไหลคงตัว(Steady Flow) และการถ่ายเทความร้อนในสถานะปริมาตรควบคุม (Control Volume) ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} -\dot{Q} &= -\dot{Q}_{load} - \dot{Q}_{loss} = \dot{m}(h_{prod} - h_{reac}) \\ &= (\dot{m}_A + \dot{m}_F)h_{prod} - \dot{m}_F h_F - \dot{m}_A h_A \end{aligned}$$

หาประสิทธิภาพเชื้อเพลิง

จาก

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_F LHV} = \frac{-[(A/F)+1]h_{prod} - (A/F)h_A - h_F}{LHV} \quad \text{-----} \quad 20$$

หาค่าต่างๆเพื่อไปแทนในสมการเคมีที่ 19

$$h_F = h_{f,F}^\circ / MW_F = \frac{-197,078.125}{MW_{mix}}$$

$$N_{tot} = 0.9875 + 0.075 + 0.0125 + 0.3 + 0.025 = 1.4$$

$$X_{CH_4} = \frac{0.9875}{1.4} = 0.7054$$

$$X_{C_2H_6} = \frac{0.075}{1.4} = 0.0536$$

$$X_{C_3H_8} = \frac{0.0125}{1.4} = 0.0089$$

$$X_{N_2} = \frac{0.025}{1.4} = 0.0179$$

$$\begin{aligned} MW_F = MW_{mix} &= (0.7054 \times 16.043) + (0.0536 \times 30.069) + (0.0089 \times 44.096) \\ &\quad + (0.2143 \times 44.011) + (0.0179 \times 28.013) \\ &= 23.2539 \end{aligned}$$

$$h_F = \frac{-199,608.875}{MW_F}$$

$$h_F = \frac{-199608.875}{23.2539} = -8583.8881$$

ลำดับต่อไปหาค่า h_{prod}

$$X_{CO_2} = \frac{1.175}{14.214} = 0.0827$$

$$X_{H_2O} = \frac{2.25}{14.214} = 0.1583$$

$$X_{N_2} = \frac{9.964}{14.214} = 0.7010$$

$$X_{O_2} = \frac{0.475}{14.214} = 0.0334$$

$$X_{CO} = \frac{0.3}{14.214} = 0.0211$$

$$X_{NO} = \frac{0.05}{14.214} = 0.0035$$

$$MW_{prod} = \sum X_i MW_i$$

$$MW_{prod} = (0.0827 \times 44.011) + (0.1583 \times 18.016) + (0.7010 \times 28.013) \\ + (0.0334 \times 31.999) + (0.0211 \times 28.010) + (0.0035 \times 30.006)$$

$$MW_{mix, prod} = 27.8936$$

$$h_{prod} = \frac{-197078.125}{27.8936} = -7065.3528$$

$$h_{A@T(K)} = [0.21(\Delta h_{f, O_2}) + 0.79(\Delta h_{f, N_2})] / MW_{air}$$

$$h_{A@305K} = \frac{0.21(203) + 0.79(200)}{28.85} = 6.9542 \text{ kJ / Kg}$$

$$h_{A@400K} = \frac{0.21(3031) + 0.79(2973)}{28.85} = 103.4272 \text{ kJ / Kg}$$

แทนค่าที่ได้ลงในสมการเคมีที่ 19

สำหรับอากาศก่อนที่จะถูกอุ่น 305 K (32°C)

$$\eta_{305} = \frac{-[(16.2 + 1)(-7065.3528) - (16.2 \times 6.9542) + 8583.8881]}{50016} = 2.6035$$

สำหรับอากาศที่ถูกอุ่นให้มีอุณหภูมิ 400 K (130°C)

$$\eta_{400} = \frac{-[(16.2 + 1)(-7065.3528) - (16.2 \times 103.4724) + 8583.8881]}{50016} = 2.6348$$

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ หาจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิง} = 1 - \frac{\eta_{305}}{\eta_{400}} = \frac{2.6035}{2.6348} = 0.988105\%$$

เพราะฉะนั้น ประหยัดเชื้อเพลิงได้ 0.99%

คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้

$$= \frac{68.86134 \times 0.99}{100} = 0.68173 m^3 / Hr = 10.90768 m^3 / day$$

คิดเป็นค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้

$$= 10.90768 \frac{m^3}{day} \times 22 \frac{day}{month} \times 12 \frac{month}{year} \times 9.45 \frac{baht}{m^3}$$

$$= 27,212.4801 baht / year$$

