รายการอ้างอิง

1. ปิยสาร ประเสริฐธรรม.หลักการออกแบบเครื่องมือแยกสาร. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

2. Philip , A. Schweitzer. Handbook of separation techniques for chemical engineers . New York : McGraw-Hill book company .

3. ศิริลักษณ์ นิวิฐจรรยงค์ . การกัดกร่อนและการเลือกใช้วัสดุ . กรุงเทพมหานคร :สำนักพิมพ์แห่ง สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2545.

4. Mars , G. Fontana . Corrosion Engineering.3rd.ed. Singapore : McGraw-Hill International Editions Science and Engineering Series , 1987.

5. Gosta , Wranglen . An Introduction to Corrosion and Protection of Metal . 1st.ed . New York : and Hall ,1985.

6. Herbert H. Uhlig .Corrosion and Corrosion Control ,4th.ed.USA :John Wiley&Sons , 1963.

7. Roger , H ., and Kevin , E .Precision Cleaning . Colorado : Seagate Colorado ,1999 (Mimeographed)

8. Bogdan Niemczewski . Estimation of the suitability of selected organic solvent for ultrasonic cleaning.Ultrasonic sonochemistry.6(1999):149-156.

9. Mason , T.J., and Lorimer , J.P. Sonochemistry theory,applications and uses of ultrasound in chemistry , (n.p.) John Wiley & Sons , 1998 .

10. จิตติวุฒ เพชรมุณี . ผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการกรองระดับอนุภาคในโมดูลแบบแผ่น.

วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย , 2541 .

11. Sami B. Awad . Ultrasonic cavitations and precision cleaning .Process Methodology (November 1996): 12-17 .

12. Jeff Han Cock ,and Blue Wave Ultrasonic . Ultrasonic cleaning . ASM handbook . Vol.5, 2nd printing,Surface engineering.U.S.A . : ASM International ,1996 .

13. Mikko O.Lamminen ,Harold W. Walker, and Linda K.Weavers. Mechanisms and factors influencing the ultrasonic cleaning of particle –Fouled ceramic membranes .Journal of Membrane Science . 237 (2004) : 213-223 .

14. Scott Figler , H . Elements of Chemical Reaction Engineering .3th.ed.New Jersey : Prentice Hall International Inc , 1999.

15. Shimada , K. Method for washing precise part [Online].Available from : http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=JP4122479&F=0 [2006 March 17]

16. Osada , K., Yamashita , N., and Nishiyama S. Method for washing treatment [Online] . Available from : http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=JP7133495&F=0 [2006 March 17]

17. Shimoda , S. Rust-preventing method of stainless steel product [Online] . Available from: : http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=JP7133495&F=O [2006 March 17]

18. Kono , T. Noninflammable industrial Cleanser Composition and washing by

using the same [Online] . Available from : http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=JP10212498&F=O [2006 March 17]

19. Yokozawa , M., and Kikuchi , H. Washing method[Online] . Available from : http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=JP10192797&F=O [2006 March 17]

20. Komon , F., et al .Metal material subjected to rust preventing treatment and its production [Online] . Available from : http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=JP11090323&F=O [2006 March 17]

21. Dyer, J.R. Applications of Absorption Spectroscopy of Organic Compounds. Englewood Cliffs : Prentice Hall , 1965 .

22. Scheinmann (ed.) , F . An Introduction to Spectroscopic Methods for the Identification of Organic Compounds .Oxford : Pergamon Press , 1970 , 1974 .

23. Silverstein R.M ., Bassler C.G. , and Morrill T.C . Spectrometric Identification of Organic Compounds . 4th ed. New York : John Wiley & Sons , 1981 .

24. Cross A.D. , and Jones R.A. An Introduction to Practical Infra-red Spectroscopy , 3rd ed. London : Butterworths, 1969 .

25. Nakanishi , K. , and Solomon , P.H. Infrared Absorption Spectroscopy , 2nd ed. San Francisco : Holden- Day, 1977 .

26. วีรพันธ์ เติมวิทย์ขจร บริษัท เอ็น เอส เคแบริ่ง(ประเทศไทย)จำกัด.เสียงและความสั่นสะเทือนในแบริ่ง.เทคนิค 216 (พฤศจิกายน 2542) : 114-122.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลดิบและผลการคำนวณ

ตารางที่ ก.1 ปริมาณสารปนเปื้อนบนตลับลูกปืนในขบวนการจับคู่เพื่อประกอบ (A/F Matching Process)

Lot No.	ปริมานสารปนเปื้อนที่ตกค้าง (ng/pc)											
	Sampling No.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG.	% STDEV
1	40,095	41,327	39,462	42,225	38,224	40,692	39,687	43,537	38,765	39,814	40,383	3.99
2	42,007	41,598	39,442	38,645	41,509	40,567	39,468	38,907	41,596	40,879	40,462	3.08
3	39,658	38,793	40,567	41,397	42,139	40,976	38,679	39,597	42,398	38,465	40,267	3.58
4	38,469	39,472	42,498	40,279	41,567	39,058	37,682	41,279	40,886	38,645	39,984	3.90
5	41,865	40,837	39,645	38,763	39,046	40,553	42,967	38,624	39,176	37,653	39,913	4.08
6	42,963	40,217	41,894	39,453	37,864	38,942	41,729	40,367	39,245	38,769	40,144	4.02
7	43,203	42,567	41,762	38,945	37,691	38,225	40,982	41,843	40,563	39,765	40,555	4.59
8	42,846	43,125	41,682	39,438	38,961	40,685	37,862	38,791	40,643	42,206	40,624	4.49
9	43,365	42,878	40,653	38,029	39,958	41,698	42,879	40,892	41,325	39,461	41,114	4.10
10	41,953	42,098	40,382	39,487	38,765	37,864	41,834	40,786	39,651	40,873	40,369	3.52
11	42,149	43,567	40,863	39,659	38,469	37,942	40,846	41,369	40,234	39,864	40,496	4.11
12	41,969	42,034	39,827	38,976	40,696	37,883	38,549	43,458	41,538	40,397	40,533	4.34
13	42,369	41,873	40,099	39,874	38,957	37,556	38,974	41,987	42,368	39,521	40,358	4.19
14	40,576	43,067	39,198	43,304	41,156	39,182	37,842	42,693	38,943	41,834	40,780	4.74
15	37,994	40,637	38,953	42,673	41,126	39,692	43,594	42,681	39,768	38,479	40,560	4.75
16	41,853	39,573	37,685	38,752	40,879	42,394	40,861	39,762	41,732	42,965	40,646	4.14
17	42,971	40,078	41,726	38,618	37,548	39,726	41,869	40,531	42,054	41,936	40,706	4.22
18	40,962	42,663	43,247	41,245	39,984	38,432	40,795	42,485	39,643	37,268	40,672	4.67
19	38,728	39,572	42,673	40,995	41,528	43,108	39,842	37,871	38,269	40,967	40,355	4.46
20	39,402	40,826	38,699	42,849	37,905	41,873	40,866	43,257	42,325	43,629	41,163	4.80

ตารางที่ ก.2 ปริมาณสารปนเปื้อนบนตลับลูกปืนในขบวนการจับคู่เพื่อประกอบ (A/F Matching Process)

Lot No.	ปริมานสารปนเปื้อนที่ตกค้าง (ng/pc) Sampling No.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG.	% STDEV
21	37,769	40,693	41,875	43,287	39,873	42,698	41,586	39,824	38,763	39,658	40,603	4.32
22	38,976	41,865	40,259	42,697	43,863	39,824	37,983	41,207	42,568	38,994	40,824	4.70
23	40,369	42,568	41,972	39,748	38,761	37,694	43,975	38,972	39,652	41,762	40,547	4.84
24	39,653	40,861	42,693	38,462	43,792	41,958	40,754	37,986	38,795	41,875	40,683	4.75
25	43,592	42,784	39,753	40,841	41,952	38,692	37,926	42,538	41,697	43,698	41,347	4.84
26	40,873	41,694	42,395	39,741	38,619	37,879	43,088	42,875	41,654	40,286	40,910	4.32
27	41,983	40,527	39,463	37,854	38,762	42,462	41,026	40,806	39,865	40,469	40,322	3.47
28	43,209	41,763	39,462	38,749	42,597	40,854	37,962	40,293	41,581	39,094	40,556	4.29
29	42,836	40,569	39,742	41,483	38,637	37,984	43,268	40,743	41,698	39,046	40,601	4.34
30	43,550	41,382	42,987	39,461	38,753	37,654	40,897	39,246	38,156	40,753	40,284	4.92
31	39,875	41,278	42,391	40,743	38,283	40,534	37,962	39,745	40,364	43,271	40,445	4.06
32	40,672	39,643	41,645	42,847	40,327	39,548	42,689	43,248	37,916	40,538	40,907	4.15
33	38,267	39,486	37,934	40,673	41,397	42,563	43,605	40,768	37,891	39,682	40,227	4.84
34	42,073	40,837	39,238	41,464	39,569	43,126	38,368	37,994	40,567	39,762	40,300	4.04
35	37,954	39,812	40,737	42,685	41,595	38,364	43,067	40,219	39,487	41,932	40,585	4.29
36	39,791	43,031	42,561	40,368	38,981	41,657	37,998	39,597	40,684	42,854	40,752	4.24
37	41,296	40,975	38,635	39,734	37,896	42,387	43,082	40,578	41,728	40,467	40,678	3.94
38	40,691	38,762	41,842	39,582	43,087	42,189	39,263	41,374	37,986	40,420	40,520	4.02
39	41,378	39,526	40,753	38,918	42,815	40,697	43,036	37,893	41,421	38,783	40,522	4.25
40	39,761	43,648	41,598	40,357	38,069	42,917	37,864	39,473	40,917	42,283	40,689	4.81

ตารางที่ ก.3 ปริมาณสารปนเปื้อนบนตลับลูกปืนในขบวนการจับคู่เพื่อประกอบ (A/F Matching Process)

Lot No.	ปริมานสารปนเปื้อนที่ตกค้าง (ng/pc)											
	Sampling No.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG.	% STDEV
41	42,981	41,872	38,751	40,654	39,687	43,513	37,487	40,395	41,263	39,186	40,579	4.66
42	40,741	38,953	41,837	42,651	37,974	39,598	43,097	39,432	40,136	41,394	40,581	4.09
43	41,297	43,028	39,472	40,391	42,563	38,967	37,895	41,748	39,683	43,123	40,817	4.44
44	39,965	40,873	38,754	41,682	37,893	42,591	43,096	41,325	42,164	40,278	40,862	4.08
45	42,316	39,476	40,693	41,582	43,007	42,783	37,981	38,865	40,569	41,276	40,855	4.11
46	38,763	40,632	39,547	41,832	42,567	37,981	43,012	41,258	40,198	39,475	40,527	4.06
47	37,895	42,374	40,562	41,629	39,752	38,475	43,081	41,427	40,329	39,991	40,552	4.03
48	40,903	43,079	42,163	38,784	41,883	39,645	40,539	42,387	38,792	41,697	40,987	3.70
49	42,409	40,523	39,847	41,659	38,735	42,351	39,934	43,091	37,990	42,198	40,874	4.22
50	41,945	39,567	40,678	38,795	42,831	37,997	43,013	41,256	39,357	40,436	40,588	4.16
51	39,815	41,744	40,357	39,459	42,568	38,947	39,638	43,015	42,289	38,146	40,598	4.15
52	42,973	40,861	38,474	41,572	39,732	43,207	37,998	41,673	38,394	41,176	40,606	4.63
53	43,105	40,209	39,463	41,597	38,612	42,340	37,984	40,863	41,671	38,986	40,483	4.22
54	40,563	42,678	39,402	41,798	38,972	43,016	40,893	41,359	37,981	42,035	40,870	4.04
55	38,892	40,932	42,193	39,258	41,569	39,476	37,893	42,065	40,384	39,006	40,167	3.69
56	39,024	42,164	40,357	41,958	38,279	43,490	40,558	37,896	42,604	39,309	40,564	4.76
57	40,798	43,129	42,376	41,295	39,965	38,904	41,505	38,691	37,865	40,703	40,523	4.13
58	41,573	42,689	39,792	38,892	40,327	43,037	41,256	39,472	40,983	42,001	41,002	3.36
59	39,684	42,975	38,543	41,678	40,749	37,854	41,417	42,073	40,935	41,307	40,722	3.90
60	40,384	39,469	41,982	42,506	38,609	40,739	37,993	41,567	39,226	42,887	40,536	4.17

ตารางที่ ก.4 ปริมาณสารปนเปื้อนบนตลับลูกปืนในขบวนการจับคู่เพื่อประกอบ (A/F Matching Process)

Lot No.	ปริมานสารปนเปื้อนที่ตกค้าง (ng/pc)											
	Sampling No.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG.	% STDEV
61	41,935	40,832	39,712	42,641	39,789	43,817	37,598	40,579	41,039	39,691	40,763	4.29
62	40,478	38,394	40,793	41,169	38,495	39,892	43,751	39,236	40,632	41,496	40,434	3.91
63	42,983	43,645	40,132	38,731	41,367	39,765	37,889	40,954	41,209	38,697	40,537	4.61
64	40,963	41,632	39,689	43,876	42,349	38,430	37,987	40,531	41,237	39,672	40,637	4.39
65	42,336	40,364	39,512	41,435	38,562	43,124	40,789	40,743	41,097	38,908	40,687	3.53
66	39,862	41,364	40,472	42,593	38,905	42,087	37,953	42,903	41,256	40,985	40,838	3.87
67	38,769	40,397	41,429	39,403	37,864	42,764	39,845	43,021	39,841	41,308	40,464	4.12
68	40,879	39,754	43,107	41,905	38,203	40,309	42,406	37,654	43,072	40,567	40,786	4.65
69	42,665	41,934	38,243	40,627	39,483	41,548	37,842	41,283	40,786	39,865	40,428	3.88
70	39,642	41,314	40,923	42,567	38,373	41,855	43,741	37,236	40,649	39,375	40,568	4.83
71	40,779	38,437	42,813	39,749	41,865	43,412	37,613	41,902	40,265	42,376	40,921	4.66
72	41,302	39,586	40,819	42,654	38,798	40,576	43,045	37,769	39,578	41,769	40,590	4.14
73	42,789	40,967	39,563	41,479	38,947	39,870	43,132	39,865	40,986	39,764	40,736	3.44
74	43,605	41,689	40,843	39,203	38,465	42,643	41,763	40,572	39,898	42,907	41,159	4.05
75	41,789	39,609	42,971	40,952	39,405	38,459	43,509	40,476	42,395	39,741	40,931	4.11
76	40,364	42,386	39,237	38,567	41,847	39,762	40,895	37,906	39,467	40,875	40,131	3.52
77	39,786	40,537	41,723	42,376	38,465	43,201	39,054	38,789	41,654	42,287	40,787	4.14
78	38,465	43,679	37,867	40,987	41,598	42,832	40,875	38,547	39,846	42,354	40,705	4.88
79	39,665	40,865	42,741	38,587	41,697	43,478	37,904	43,002	40,945	41,779	41,066	4.55
80	40,384	39,864	38,402	43,750	37,872	43,009	42,867	41,094	40,986	42,308	41,054	4.80

ตารางที่ ก.5 ปริมาณสารปนเปื้อนบนตลับลูกปืนในขบวนการจับคู่เพื่อประกอบ (A/F Matching Process)

Lot No.	ปริมานสารปนเปื้อนที่ตกค้าง (ng/pc)											
	Sampling No.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG.	% STDEV
81	43,097	42,702	39,705	38,643	40,867	42,398	37,690	41,279	40,087	39,504	40,597	4.42
82	41,289	40,853	39,737	42,842	38,567	43,578	37,697	40,743	39,573	42,431	40,731	4.63
83	39,804	40,609	38,274	42,607	41,759	40,683	37,957	39,963	38,043	42,042	40,174	4.20
84	38,563	39,034	40,986	41,387	42,576	43,864	37,867	40,678	39,791	43,276	40,802	4.96
85	39,764	41,597	42,698	39,853	40,879	43,065	37,643	40,532	38,473	42,097	40,660	4.36
86	43,229	42,642	39,872	40,571	41,643	38,641	37,953	42,095	39,026	40,796	40,647	4.36
87	42,873	43,259	39,857	40,908	41,752	38,531	42,764	41,364	40,631	39,031	41,097	3.95
88	41,027	40,578	39,791	42,373	38,741	43,514	37,790	41,896	42,961	38,963	40,763	4.73
89	39,892	38,531	40,539	42,073	41,238	39,561	43,631	41,286	40,986	38,045	40,578	4.09
90	37,694	40,753	39,849	41,379	38,549	42,658	43,021	42,784	39,085	42,893	40,867	4.86
91	39,276	41,237	38,645	40,578	42,678	37,589	39,983	41,265	42,358	41,850	40,546	4.10
92	42,973	40,975	41,285	39,632	38,342	43,094	41,974	40,893	43,809	41,304	41,428	3.97
93	41,849	43,095	42,371	39,572	40,648	38,653	39,053	38,649	40,905	41,302	40,610	3.90
94	40,962	39,057	38,935	41,795	42,392	37,896	43,001	41,329	39,084	42,395	40,685	4.41
95	43,967	41,276	40,831	39,364	38,753	42,562	40,469	39,867	41,289	42,326	41,070	3.84
96	42,083	40,935	38,790	41,398	39,857	41,756	41,638	40,965	39,850	40,085	40,736	2.58
97	40,598	39,086	41,297	42,056	38,596	40,538	39,064	38,798	37,947	42,378	40,036	3.86
98	38,946	41,638	40,793	43,879	39,487	42,470	41,876	40,564	39,075	41,465	41,019	3.84
99	39,476	41,967	42,587	40,572	38,068	37,794	42,998	43,096	43,084	42,317	41,196	5.05
100	41,074	40,637	39,845	38,643	42,685	37,982	43,081	41,742	40,937	41,223	40,785	3.96

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน (ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิ = 25 °C และไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
AK-225	39960.13	39889.34	39506.53	38093.83	35845.33	32747.93	29191.88	27523.66	25182.14	22018.34	19348.13	16502.08	13925.13
HC-250	42064.89	42034.28	41835.39	40871.49	38901.54	36386.09	33574.64	32150.49	30250.88	27663.28	23795.69	20879.34	17575.89
High Clean Al	40336.42	40314.80	40152.47	39357.12	37799.62	35508.02	33064.17	31674.01	29575.12	27335.75	23900.82	20981.47	17830.92
Solkane 365	41698.73	41691.84	41606.28	41253.13	40540.58	39762.93	38028.98	37150.58	36404.34	34852.73	32925.13	31313.63	29159.73

ตารางที่ ก.7 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน(ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิ= 25°C และใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
AK-225	40924.32	40833.70	40322.72	38716.92	36362.52	32910.32	28400.32	26605.14	23800.92	20253.32	16923.12	13433.37	10308.32
HC-250	39989.18	39928.76	39559.83	38198.78	36675.83	33892.78	30736.93	28897.85	25582.28	22472.73	19559.58	16793.48	13958.68
High Clean Al	41068.73	41028.81	40764.78	39960.13	38131.43	35784.33	33392.23	32080.16	29662.43	27396.68	23833.13	21238.13	18555.23
Solkane 365	40065.31	40052.40	39912.81	39422.71	38846.86	37647.51	36148.06	35456.95	34658.41	33105.91	31226.11	29255.41	27440.81

ตารางที่ ก.8 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน(ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิ = 30°C และไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
AK-225	39126.98	39046.25	38625.38	37063.78	34773.38	31718.58	28103.73	26428.34	24108.08	20848.93	17945.78	15267.53	12606.48
HC-250	40026.39	39985.58	39724.69	38714.29	36714.54	34120.19	31031.14	29760.72	27859.59	25299.09	21193.59	18410.64	15500.39
High Clean Al	41423.78	41392.16	41177.63	40321.48	38220.18	36267.38	33920.78	32453.57	30316.88	28042.58	24571.38	21618.38	18407.78
Solkane 365	39776.59	39767.50	39635.14	39274.29	38871.29	37172.79	35770.59	35121.52	34162.99	32737.39	30571.79	28959.04	26764.59

ตารางที่ ก.9 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน(ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิ = 30°C และใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
AK-225	39229.67	39128.99	38571.37	36966.97	34510.67	31161.87	26410.17	24642.65	21755.57	18088.97	14793.27	11501.57	8199.17
HC-250	40225.34	40163.74	39767.24	38364.34	36628.49	33799.14	30685.34	28769.24	25523.84	22272.79	19511.74	16991.84	14441.84
High Clean Al	41324.39	41273.23	40979.14	40032.29	38302.34	35700.59	33324.64	31853.06	29615.09	27283.09	23713.59	20661.29	17428.89
Solkane 365	40026.78	40013.33	39904.63	39458.68	39024.33	37296.38	35904.53	35256.42	34273.68	32786.33	30631.98	28961.73	26807.78

ตารางที่ ก.10 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน(ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิ = 40°C และไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
AK-225	38863.49	38772.78	38302.04	36683.69	34320.59	31176.29	27537.99	25841.39	23215.49	19940.39	17067.89	14249.39	11463.99
HC-250	40562.31	40504.82	40177.66	39060.81	36908.91	34206.31	31344.56	29754.21	28066.71	25307.56	21127.91	18259.41	15478.31
High Clean Al	39723.46	39679.07	39422.01	38421.56	36269.56	34148.26	31832.21	30332.59	28285.66	26073.11	22278.26	19443.31	15937.46
Solkane 365	41624.79	41612.97	41461.34	41067.99	40728.99	38938.99	37468.54	36850.65	35883.69	34461.69	32309.99	30511.14	28288.29

ตารางที่ ก.11 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน(ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิ = 40°C และใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
AK-225	38995.83	38879.53	38289.73	36520.23	33900.48	30593.23	25626.33	23889.60	21276.63	17120.13	13788.23	10508.58	7465.33
HC-250	39235.64	39150.62	38698.39	37433.34	35214.74	32325.04	29024.14	27646.70	24643.94	21867.94	18739.64	15796.94	12511.14
High Clean Al	40624.59	40554.76	40223.49	39142.79	37294.14	34570.99	32053.84	30481.77	28758.69	24999.84	22338.19	19131.24	15929.09
Solkane 365	39759.42	39740.48	39609.02	39121.92	38650.02	36880.42	35504.92	34842.45	33823.92	32355.17	30166.62	28471.62	26312.92

ตารางที่ ก.12 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน(ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิ = 50°C และไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
AK-225	40394.81	40293.94	39813.61	38025.51	35540.21	32221.01	28751.56	26980.40	23570.21	20612.46	17593.61	14649.86	11890.31
HC-250	39812.42	39741.61	39333.37	38187.82	35888.27	33297.82	30631.92	28776.17	27700.52	23386.22	19382.42	16382.72	13719.42
High Clean Al	41021.49	40962.04	40670.04	39524.89	37261.29	35017.09	32195.49	31284.48	29310.99	26313.44	23389.09	19833.69	16005.49
Solkane 365	39245.67	39235.73	39136.07	38743.47	38192.37	37226.47	35475.92	34109.19	32776.77	31435.07	29380.87	27556.02	25236.17

ตารางที่ ก.13 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน(ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิ = 50°C และใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
AK-225	40673.24	40542.55	39870.99	37873.64	35352.29	31656.24	26652.74	23114.87	20469.74	16509.59	12664.04	8712.44	5180.74
HC-250	39934.61	39834.19	39354.81	37827.11	35124.26	31882.01	27678.36	24793.28	22214.51	18576.56	14463.81	10333.16	6423.11
High Clean Al	41935.74	41857.69	41504.29	40042.44	37573.14	34724.14	31173.74	28968.72	26928.84	23724.89	19503.34	15374.94	11424.74
Solkane 365	40245.75	40219.80	39986.15	39443.35	38712.30	37432.75	35732.00	34326.27	33322.35	31996.60	30010.95	28052.55	26139.25

ตารางที่ ก.14 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน(ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิ = 60°C และไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
AK-225	41024.76	40913.65	40392.41	38564.16	35757.51	32556.56	29157.51	27361.68	23913.06	20928.81	17846.36	14866.26	12043.76
HC-250	40849.62	40768.86	40320.32	39114.12	36790.77	34135.42	31347.87	30043.95	28138.62	23729.02	19661.22	16518.57	12948.12
High Clean Al	39942.60	39883.64	39563.35	38351.70	36040.50	33737.20	30595.10	29424.75	27920.70	24851.30	21529.00	18314.70	14165 .10
Solkane 365	40125.38	40107.44	39966.13	39528.18	38925.98	37928.98	36155.63	34777.49	33500.48	32080.98	29926.58	28190.03	25693.38

ตารางที่ ก.15 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน(ในกรณีที่ที่ใช้อุณหภูมิ = 60°C และใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
AK-225	39796.59	39646.27	38876.44	36794.99	34161.24	30351.79	23264.34	21639.36	18920.19	14904.59	10910.59	6938.49	3330.09
HC-250	41646.82	41526.60	40971.02	39338.62	36538.57	33183.02	28890.07	25980.34	23279.32	19895.37	15410.02	11132.77	7143.32
High Clean Al	40132.85	40033.62	39597.10	38037.15	35478.95	32472.65	28833.60	26543.48	24471.65	21157.60	16830.05	12666.20	8549.35
Solkane 365	48845.93	48810.53	48529.63	47928.23	47178.23	45808.53	35057.18	33629.45	32591.03	31189.73	29213.13	27244.58	25156.43

ตารางที่ ก.16 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงานโดยใช้ตัวทำละลาย อินทรีย์ HC-250 (ในกรณีใช้อุณหภูมิ = 70 °C และไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
HC-250	39916.87	39826.55	39338.67	37980.37	35557.42	32701.07	29649.12	28263.13	25657.27	20654.97	17291.27	14279.02	11410.87

ตารางที่ ก.17 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงานโดยใช้ตัวทำละลาย อินทรีย์ HC-250 (ในกรณีใช้อุณหภูมิ = 70 °C และใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
HC-250	40007.63	39867.41	39202.93	37539.83	34600.88	31232.43	26739.63	23525.21	20948.33	16541.18	11994.83	8041.88	4029.13

ตารางที่ ก.18 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงานโดยใช้ตัวทำละลาย อินทรีย์ HC-250 (ในกรณีใช้อุณหภูมิ = 80 °C และไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
HC-250	40572.21	40471.57	39918.61	38467.61	35912.46	32952.81	29805.96	28324.20	25591.11	20957.16	17338.21	14371.86	11275.21

ตารางที่ ก.19 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงานโดยใช้ตัวทำละลาย อินทรีย์ HC-250 (ในกรณีใช้อุณหภูมิ = 80 °C และใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลาย อินทรีย์	ปริมาณ (ng/pc) 0	ปริมาณ (ng/pc) 1	ปริมาณ (ng/pc) 5	ปริมาณ (ng/pc) 10	ปริมาณ (ng/pc) 15	ปริมาณ (ng/pc) 20	ปริมาณ (ng/pc) 25	ปริมาณ (ng/pc) 27	ปริมาณ (ng/pc) 30	ปริมาณ (ng/pc) 35	ปริมาณ (ng/pc) 40	ปริมาณ (ng/pc) 45	ปริมาณ (ng/pc) 50
HC-250	39985.46	39825.14	39057.41	37376.26	34280.21	30787.06	26145.21	22721.12	20217.26	15559.31	10799.86	6882.56	2991.46

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการคำนวณ

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลดิบและผลการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณ

จาก $N_A = AK(-\Delta\theta)$

โดยที่ N_A คือ อัตราการถ่ายเทมวลสารของสาร A

A คือ พื้นที่ที่อยู่ระหว่างการถ่ายเทมวล ในที่นี้ $A = 2.608\ cm^2$

K คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล

$(-\Delta\Theta)$ คือ แรงขับหรือผลต่างของความเข้มข้น

ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล (K) ณ.สภาวะการดำเนินงานต่างๆโดยที่

$$K = \frac{N_A}{A(-\Delta\theta)}$$

จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล (K)ดังแสดงข้างล่างนี้

ตารางที่ข.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 25°Cโดยไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้ (นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{AK-225}	0.000E+00	8.705E-04	2.711E-03	4.315E-03	5.944E-03	6.824E-03	7.695E-03	6.072E-03	5.124E-03	5.462E-03	4.945E-03
K_{HC-250}	0.000E+00	4.184E-04	1.757E-03	3.591E-03	4.586E-03	5.126E-03	6.059E-03	4.717E-03	7.052E-03	5.316E-03	6.022E-03
$K_{High\ Clean\ Al}$	0.000E+00	3.497E-04	1.821E-03	2.961E-03	4.357E-03	4.646E-03	6.633E-03	4.258E-03	6.530E-03	5.550E-03	5.990E-03
$K_{Solkane\ 365}$	0.000E+00	1.700E-04	8.068E-04	1.310E-03	1.430E-03	3.189E-03	2.988E-03	2.854E-03	3.545E-03	2.964E-03	3.961E-03

ตารางที่ข.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 25°Cโดยใช้คลื่นเหนือเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้ (นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{AK-225} @ 25 DegreeC	0.000E+00	1.155E-03	3.082E-03	4.518E-03	6.625E-03	8.655E-03	8.827E-03	6.808E-03	6.391E-03	6.697E-03	5.997E-03
K_{HC-250} @ 25 DegreeC	0.000E+00	7.827E-04	2.481E-03	2.776E-03	5.074E-03	5.753E-03	9.397E-03	5.669E-03	5.311E-03	5.043E-03	5.168E-03
$K_{High\ Clean\ Al}$ @ 25 DegreeC	0.000E+00	5.779E-04	1.530E-03	3.477E-03	4.462E-03	4.548E-03	7.091E-03	4.308E-03	6.775E-03	4.934E-03	5.101E-03
$K_{Solkane\ 365}$ @ 25 DegreeC	0.000E+00	2.805E-04	9.013E-04	1.059E-03	2.206E-03	2.758E-03	2.740E-03	2.855E-03	3.457E-03	3.624E-03	3.337E-03

ตารางที่ข.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 30°Cโดยไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้(นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{AK-225}@30 DegreeC	0.000E+00	9.831E-04	3.061E-03	4.489E-03	5.987E-03	7.085E-03	7.831E-03	6.388E-03	5.690E-03	5.249E-03	5.216E-03
K_{HC-250}@30 DegreeC	0.000E+00	5.780E-04	1.936E-03	3.831E-03	4.971E-03	5.918E-03	6.076E-03	4.906E-03	7.866E-03	5.332E-03	5.576E-03
$K_{High\ Clean\ Al}$@30 DegreeC	0.000E+00	4.557E-04	1.585E-03	3.890E-03	3.615E-03	4.344E-03	6.672E-03	4.210E-03	6.426E-03	5.467E-03	5.944E-03
$K_{Solkane\ 365}$@30 DegreeC	0.000E+00	2.727E-04	6.957E-04	7.770E-04	3.275E-03	2.703E-03	3.099E-03	2.749E-03	4.175E-03	3.109E-03	4.231E-03

ตารางที่ข.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 30 °Cโดยใช้คลื่นเหนือเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้(นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{AK-225}@30 DegreeC	0.000E+00	1.290E-03	3.145E-03	4.814E-03	6.564E-03	9.313E-03	9.123E-03	7.186E-03	6.459E-03	6.452E-03	6.473E-03
K_{HC-250}@30 DegreeC	0.000E+00	8.777E-04	2.688E-03	3.326E-03	5.421E-03	5.966E-03	9.889E-03	6.229E-03	5.290E-03	4.828E-03	4.886E-03
$K_{High\ Clean\ Al}$@30 DegreeC	0.000E+00	6.392E-04	1.753E-03	3.203E-03	4.817E-03	4.399E-03	6.867E-03	4.317E-03	6.608E-03	5.651E-03	5.984E-03
$K_{Solkane\ 365}$@30 DegreeC	0.000E+00	2.355E-04	8.598E-04	8.374E-04	3.331E-03	2.683E-03	3.144E-03	2.868E-03	4.154E-03	3.220E-03	4.153E-03

ตารางที่ข.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 40°Cโดยไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้(นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{AK-225}@40 DegreeC	0.000E+00	1.100E-03	3.172E-03	4.632E-03	6.163E-03	7.131E-03	8.472E-03	6.419E-03	5.630E-03	5.524E-03	5.459E-03
K_{HC-250}@40 DegreeC	0.000E+00	7.370E-04	2.140E-03	4.123E-03	5.178E-03	5.483E-03	6.280E-03	5.286E-03	8.008E-03	5.496E-03	5.328E-03
$K_{High\ Clean\ Al}$@40 DegreeC	0.000E+00	5.581E-04	1.852E-03	3.984E-03	3.927E-03	4.288E-03	6.566E-03	4.096E-03	7.025E-03	5.248E-03	6.490E-03
$K_{Solkane\ 365}$@40 DegreeC	0.000E+00	3.151E-04	7.584E-04	6.536E-04	3.451E-03	2.835E-03	3.056E-03	2.742E-03	4.148E-03	3.468E-03	4.286E-03

ตารางที่ข.6 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 40°Cโดยใช้คลื่นเหนือเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้(นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{AK-225}@40 DegreeC	0.000E+00	1.384E-03	3.468E-03	5.135E-03	6.482E-03	9.735E-03	8.525E-03	8.147E-03	6.530E-03	6.428E-03	5.965E-03
K_{HC-250}@40 DegreeC	0.000E+00	1.029E-03	2.424E-03	4.251E-03	5.536E-03	6.324E-03	8.392E-03	5.319E-03	5.994E-03	5.638E-03	6.295E-03
$K_{High\ Clean\ Al}$@40 DegreeC	0.000E+00	7.425E-04	2.001E-03	3.422E-03	5.041E-03	4.660E-03	6.100E-03	6.959E-03	4.928E-03	5.937E-03	5.928E-03
$K_{Solkane\ 365}$@40 DegreeC	0.000E+00	2.900E-04	9.391E-04	9.098E-04	3.412E-03	2.652E-03	3.241E-03	2.832E-03	4.219E-03	3.268E-03	4.162E-03

ตารางที่ข.7 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 50°Cโดยไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้(นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{AK-225}@50 DegreeC	0.000E+00	1.115E-03	3.432E-03	4.770E-03	6.370E-03	6.658E-03	9.944E-03	5.676E-03	5.793E-03	5.649E-03	5.296E-03
K_{HC-250}@50 DegreeC	0.000E+00	8.733E-04	2.088E-03	4.192E-03	4.723E-03	4.860E-03	5.344E-03	7.865E-03	7.299E-03	5.469E-03	4.855E-03
$K_{High\ Clean\ Al}$@50 DegreeC	0.000E+00	6.682E-04	2.177E-03	4.304E-03	4.267E-03	5.364E-03	5.484E-03	5.699E-03	5.560E-03	6.760E-03	7.278E-03
$K_{Solkane\ 365}$@50 DegreeC	0.000E+00	2.016E-04	7.220E-04	1.014E-03	1.776E-03	3.219E-03	4.964E-03	2.468E-03	3.778E-03	3.356E-03	4.266E-03

ตารางที่ข.8 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 50°Cโดยใช้คลื่นเหนือเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้(นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{AK-225}@50 DegreeC	0.000E+00	1.540E-03	3.833E-03	4.839E-03	7.093E-03	9.602E-03	1.187E-02	7.600E-03	7.380E-03	7.584E-03	6.778E-03
K_{HC-250}@50 DegreeC	0.000E+00	1.057E-03	2.785E-03	4.928E-03	5.911E-03	7.664E-03	9.961E-03	6.632E-03	7.498E-03	7.531E-03	7.128E-03
$K_{High\ Clean\ Al}$@50 DegreeC	0.000E+00	8.203E-04	2.779E-03	4.695E-03	5.417E-03	6.750E-03	8.070E-03	6.091E-03	8.026E-03	7.849E-03	7.510E-03
$K_{Solkane\ 365}$@50 DegreeC	0.000E+00	4.774E-04	9.983E-04	2.338E-03	3.457E-03	3.128E-03	4.432E-03	2.438E-03	3.652E-03	3.602E-03	3.519E-03

ตารางที่ข.9 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 60°Cโดยไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้(นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{AK-225}@60 DegreeC	0.000E+00	1.182E-03	3.418E-03	5.246E-03	5.984E-03	6.354E-03	9.803E-03	5.578E-03	5.762E-03	5.571E-03	5.276E-03
K_{HC-250}@60 DegreeC	0.000E+00	9.937E-04	2.264E-03	4.362E-03	4.985E-03	5.233E-03	6.025E-03	8.278E-03	7.637E-03	5.900E-03	6.703E-03
$K_{High\ Clean\ A}$@60 DegreeC	0.000E+00	7.281E-04	2.326E-03	4.437E-03	4.422E-03	6.033E-03	5.135E-03	5.893E-03	6.379E-03	6.171E-03	7.967E-03
$K_{Solkane\ 365}$@60 DegreeC	0.000E+00	3.044E-04	8.370E-04	1.151E-03	1.906E-03	3.389E-03	5.075E-03	2.713E-03	4.118E-03	3.318E-03	4.772E-03

ตารางที่ข.10 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 60°Cโดยใช้คลื่นเหนือเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้(นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{AK-225}@60 DegreeC	0.000E+00	1.720E-03	3.891E-03	4.923E-03	7.121E-03	1.325E-02	8.121E-03	7.506E-03	7.466E-03	7.425E-03	6.745E-03
K_{HC-250}@60 DegreeC	0.000E+00	1.269E-03	3.065E-03	5.257E-03	6.290E-03	8.069E-03	1.053E-02	6.353E-03	8.420E-03	8.030E-03	7.489E-03
$K_{High\ Clean\ A}$@60 DegreeC	0.000E+00	1.029E-03	2.995E-03	4.912E-03	5.772E-03	6.987E-03	8.375E-03	6.363E-03	8.309E-03	7.994E-03	7.904E-03
$K_{Solkane\ 365}$@60 DegreeC	0.000E+00	6.045E-04	1.149E-03	1.433E-03	2.618E-03	3.347E-03	4.713E-03	2.678E-03	3.778E-03	3.762E-03	3.991E-03

ตารางที่ข.11 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 70 °C และ 80 °Cโดยไม่ใช้คลื่นเหนือเสียงของตัวทำละลายอินทรีย์ HC-250

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้(นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{HC-250}@70 DegreeC	0.000E+00	1.110E-03	2.607E-03	4.650E-03	5.462E-03	5.857E-03	7.661E-03	9.600E-03	6.456E-03	5.781E-03	5.504E-03
K_{HC-250}@80 DegreeC	0.000E+00	1.192E-03	2.645E-03	4.658E-03	5.396E-03	5.737E-03	7.684E-03	8.448E-03	6.598E-03	5.408E-03	5.645E-03

ตารางที่ข.12 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่สภาวะการล้างชิ้นงาน ณ.อุณหภูมิ 70 °C และ 80 °C โดยใช้คลื่นเหนือเสียงของตัวทำละลายอินทรีย์ HC-250

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	เวลาที่ใช้ (นาที)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{HC-250} @ 70 DegreeC	0.000E+00	1.544E-03	3.192E-03	5.640E-03	6.464E-03	8.622E-03	1.111E-02	8.458E-03	8.725E-03	7.586E-03	7.701E-03
K_{HC-250} @ 80 DegreeC	0.000E+00	1.692E-03	3.065E-03	5.644E-03	6.368E-03	8.462E-03	1.081E-02	8.492E-03	8.677E-03	7.142E-03	7.094E-03

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า $\Delta C/\Delta t$

ตารางสรุปผลการทดลอง (ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิ = 25 °C โดยไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง)

ตัวทำละลายอินทรีย์	Rate (ng/pc) 0	Rate (ng/pc) 1	Rate (ng/pc) 5	Rate (ng/pc) 10	Rate (ng/pc) 15	Rate (ng/pc) 20	Rate (ng/pc) 25	Rate (ng/pc) 27	Rate (ng/pc) 30	Rate (ng/pc) 35	Rate (ng/pc) 40	Rate (ng/pc) 45	Rate (ng/pc) 50
AK-225	39,960.13	39,889.34	39,506.53	38,093.83	35,845.33	32,747.93	29,191.88	27,523.66	25,182.14	22,018.34	19,348.13	16,502.08	13,925.13
HC-250	42,064.89	42,034.28	41,835.39	40,871.49	38,901.54	36,386.09	33,574.64	32,150.49	30,250.88	27,663.28	23,795.34	20,879.34	17,575.89
High Clean Al	40,336.42	40,314.80	40,152.47	39,357.12	37,799.62	35,508.02	33,064.17	31,674.01	29,575.12	27,335.75	23,900.82	20,981.47	17,830.92
Solkane 365	41,698.73	41,691.84	41,606.28	41,253.13	40,540.58	39,762.93	38,028.98	37,150.58	36,404.34	34,852.73	32,925.13	31,313.63	29,159.73

T	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ΔC_{AK-225}	0.00	453.60	1,412.70	2,248.50	3,097.40	3,556.05	4,009.74	3,163.80	2,670.21	2,846.05	2,576.95
ΔC_{HC-250}	0.00	229.50	963.90	1,969.95	2,515.45	2,811.45	3,323.76	2,587.60	3,867.94	2,916.00	3,303.45
$\Delta C_{High\ Clean\ Al}$	0.00	183.95	957.68	1,557.50	2,291.60	2,443.85	3,489.05	2,239.37	3,434.93	2,919.35	3,150.55
$\Delta C_{Solkane\ 365}$	0.00	92.45	436.71	712.55	777.65	1,733.95	1,624.64	1,551.61	1,927.60	1,611.50	2,153.90
ΔT	0.00	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$(\Delta C/\Delta T)_{AK-225}$	0.00	90.72	282.54	449.7	619.48	711.21	801.95	632.76	534.042	569.21	515.39
$(\Delta C/\Delta T)_{HC-250}$	0.00	45.9	192.78	393.99	503.09	562.29	664.75	517.52	773.588	583.2	660.69
$(\Delta C/\Delta T)_{High\ Clean\ Al}$	0.00	36.79	191.536	311.5	458.32	488.77	697.81	447.874	686.986	583.87	630.11
$(\Delta C/\Delta T)_{Solkane\ 365}$	0.00	18.49	87.742	142.51	155.53	346.79	324.928	310.322	385.52	322.3	430.78

ภาคผนวก ค.1

มาตรฐานการปฏิบัติงานขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วย GC-MS equipped with ATD 400 Gas-Chromatography Mass Spectrometer equipped with Automatic Thermal Desorption

1. วัตถุประสงค์ (Purpose)

เพื่ออธิบายขั้นตอนในการวิเคราะห์ด้วยระบบ GC-MS และ ATD 400

2. ขอบข่าย (Scope)

เอกสารฉบับนี้อธิบายถึงขั้นตอนในการวิเคราะห์ด้วยระบบ GC-MS เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้และสารเคมีต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์

3. ระเบียบวิธีปฏิบัติงาน(Procedure)

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 แก๊สโครมาโตรกราฟฟี (Gas Chromatography : GC)

3.1.2 แมสสเปกโตรมิเตอร์ (Mass Spectrometer : MS)

3.1.3 เครื่องมือสกัดปริมาณแก๊สโดยการสลายตัวด้วยความร้อน (Automatic Thermal Desorption (ATD-400)

3.1.4 หลอดเก็บปริมาณแก๊ส (outgassing) ครั้งที่ 1 ที่ภายในบรรจุด้วยวัสดุดูดซับ (Adsorbent tube : บรรจุด้วย 100 กรัม carbotrap B และ 200 กรัม carbotrap C)

3.1.5 หลอดเก็บปริมาณแก๊ส (outgassing) ครั้งที่ 2 Cold trap tube ที่ภายในบรรจุด้วยวัสดุดูดซับ (Cold trap tube : บรรจุด้วย carbotrap C)

3.1.6 คีมคีบ (Tweezer)

3.1.7 ใยแก้ว (Glass wool, silane treated)

3.1.8 หม้อเทฟรอน (Teflon chamber)

3.1.9 ท่อเทฟรอน (Teflon tubing)

3.1.10 ตู้อบ (Oven)

3.1.11 เครื่องวัดอัตราการไหลของแก๊ส (Gas flow meter)

3.2 สารเคมี

3.2.1 แก๊สฮีเลี่ยม(Helium) บริสุทธิ์ 99.999 % (Carrier gass)

3.2.2 แก๊สไนโตรเจน(Nitrogen) บริสุทธิ์ 99.999 %

3.2.3 สารละลายมาตรฐาน Hexadecane เข้มข้น 20 ng/ul

3.2.4 ตัวทำละลายอินทรีย์ Methylene Chloride

3.3 Gas Chromatography / Mass Spectrometer (GC/MS)

Mass spectrometer : Sample mass 33 to 550

GC Oven Program :

Initial temperature 40 °C for 2 minutes

Rate 12 °C/Min

Final temperature 280 °C for 20 minutes

Total run times 42 minutes

Gas Type : Helium

3.4 วิธีการวิเคราะห์

3.4.1ขั้นตอนการเทียบมาตรฐานโดยการใช้สารละลายมาตรฐาน Hexadecane

3.4.1.1 การเตรียมสารละลายสำหรับ External Standard

3.4.1.2 การเตรียมสารละลาย hexadecane 2,000 ng/ul เพื่อเป็น stock solution A โดยชั่งสารมาตรฐาน hexadecane (99.9 %) จำนวน 0.20 ± 0.0005 กรัม โดยเตรียมเป็นสารละลายในขวดปริมาตร 100 ml ปรับปริมาตรด้วย methylene chloride จนถึงขีดบอกปริมาตร

3.4.1.3 การเตรียมสารละลาย hexadecane 200 ng/ul เพื่อเป็น stock solution B เตรียมโดยการเจือจางสารละลายที่เตรียมในข้อ 3.3.1.2 ในสัดส่วน 1:10 โดยการดูดสารละลายจำนวน 5 ml ใส่ใน Volumentric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรด้วย methylene chloride

3.4.1.4 การเตรียมสารละลาย hexadecane 20 ng/ul เตรียมโดยการเจือจางสารละลาย stock solution B ที่เตรียมใน ข้อ 3.3.1.3 ในสัดส่วน 1: 10 โดยการดูดสารจำนวน 1 ml ใส่ใน Volumentric flask ขนาด 10 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย methylene chloride

3.4.1.5 ฉีดสารละลายมาตรฐาน Hexadecane เข้มข้น 20 ng/ul จำนวน 5 ul โดยตรงไปยังที่ adsorbtion tube (เพื่อใช้ในการคำนวนหาปริมาณOutgassing) จะได้ Hexadecane ปริมาณ 100 ng

3.4.1.6นำadsorbent tube ไปใส่ที่เครื่อง Automatic Thermal Desorption(ATD-400)

3.4.1.7 เลือก method ที่เครื่อง ATD-400 ที่ต้องใช้ในการ run โดยกด load และตามด้วย method ที่ต้องการวัดค่า กด Start ที่เครื่อง ATD เตรียมพร้อมเพื่อทำการ Run

3.4.1.8 การเทียบมาตรฐาน กระทำได้โดยการฉีดสารละลายมาตรฐาน Hexadecane 6-10 ตัวอย่างจากนั้น ดูว่าค่าของ Standard deviation อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ โดยที่ค่าของ Standard deviationต้องไม่เกินกว่า 15 % ของค่าเฉลี่ย ถ้าการเทียบมาตรฐานด้วยสารละลายมาตรฐาน Hexadecane พบว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดให้ทำซ้ำใหม่

3.4.2 ขั้นตอนการทำการวิเคราะห์ตัวทำละลายอินทรีย์

3.4.2.1 ฉีดตัวทำละลายอินทรีย์ที่ต้องการตรวจสอบ โดยตรงไปยังที่adsorbtion tube

3.4.2.2 นำadsorbent tube ไปใส่ที่เครื่อง Automatic Thermal Desorption(ATD-400)

3.4.2.3 เลือก method ที่เครื่อง ATD-400 ที่ต้องใช้ในการ run โดยกด load และตามด้วย method ที่ต้องการวัดค่า กด Start ที่เครื่อง ATD เตรียมพร้อมเพื่อทำการ Run

3.4.3 ขั้นตอนการทำการวิเคราะห์ตัวชิ้นงาน

3.4.3.1 นำ adsorbent tube ต่อกับ teflon tubing ซึ่งเป็นทางออกของแก๊สจาก Teflon chamber

3.4.3.2 เปิด Valve แก๊สไนโตรเจนให้ผ่าน Chamber ปรับอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจนที่ผ่าน Chamber ที่ adsorbent tube ด้วย gas flow meter

3.4.3.3 นำชิ้นงานหรือสารตัวอย่างไปอบโดยที่สารตัวอย่างที่มีลักษณะของเหลว ,กึ่งของเหลว หรือชิ้นขนาดใหญ่ เช่น ต้องมีการวัดปริมาณหรือ ตัดให้มีขนาดที่เหมาะสมกับขนาดของ Teflon chamber ก่อนที่จะบรรจุลงใน Teflon chamber และทำการปิดฝา Teflon chamber ให้สนิท สำหรับสารตัวอย่างที่เป็นของแข็ง สามารถอบได้เลย

3.4.3.4 กำหนดอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบตัวอย่างตามวิธีการของแต่ละลูกค้า (โดยทั่วไปใช้ที่อุณหภูมิ 85°C อบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง)

3.4.3.5 เมื่อครบกำหนดตามเวลาอบ ถอด adsorbent tube ออกจาก teflon tubing และนำไปใส่ที่เครื่อง Automatic Thermal Desorption (ATD-400)

3.4.3.6 เลือก method ที่เครื่อง ATD-400 ที่ต้องใช้ในการ run โดยกด load และตามด้วย method ที่ต้องการ ทำการวัดค่า outlet split inlet split, desorp flow และ pressure พร้อมทั้งกำหนดลำดับของ adsorbent tube ที่ต้องการ run

3.4.3.7 กด Start ที่เครื่อง ATD เตรียมพร้อมเพื่อทำการ Run

3.4.3.8 สร้างตารางสำหรับการ run ต่อเนื่องโดยเลือกหน้าต่าง MSTop / Enhanced เลือก Sequence เลือก Edit sample log table เตรียมรายละเอียดของแต่ละ tube ประกอบด้วย ลำดับของ tube ที่เครื่อง ATD ชื่อไฟล์ที่ต้องการจัดเก็บ , Method , ชื่อของสารตัวอย่างและ เลือก O.K

3.4.3.9 Save Sequence โดยเลือก Sequence เลือก Save ตั้งชื่อ file ของ Sequence

3.4.3.10 Simulate sequence โดยเลือก Sequence เลือก Simulate sequence ขั้นตอนนี้ทำ เพื่อแสดงปริมาณหน่วยความจำที่ต้องใช้และปริมาณหน่วยความจำที่เครื่อง PC ที่มีอยู่ว่าเพียงพอ และสามารถ run ได้หรือไม่

3.4.3.11 เริ่ม run โดยเลือก Sequence เลือก Load and run sequence

3.4.4 การคำนวณผล

คำนวณผลจากสมการ

[S] =(Area sample X Standard Concentration ; ng)/Area STD

[S] คือความเข้มข้นของสารประกอบที่อยู่ในตัวอย่างที่วัดหน่วยเป็น ng

Area sample คือพื้นที่จาก Spectrum ของสารประกอบตัวอย่าง

Area STD คือพื้นที่จาก Spectrum ของสารมาตรฐาน

ภาคผนวก ค.2

มาตรฐานการปฏิบัติงานขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR Analysis)

1. วัตถุประสงค์ (Purpose)

เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์สารปนเปื้อนบนชิ้นงานตามที่ลูกค้ากำหนด และใช้ในการระบุสารปนเปื้อนอื่น ๆ โดยใช้เครื่องมือ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

2. ขอบข่าย (Scope)

เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ Silicone , Amide ,Ester , Aliphatic Hydrocarbon Compound และ unknown sample โดยใช้เครื่องมือ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

3. คำจำกัดความ (Definition / Terminology)

NVR	:	Non Volatile Residue
FT-IR	:	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
DTGS	:	Deuterated Triglycine Sulfate
ATR	:	Attenuate Total Reflectance
VATR	:	Vertical ATR
KRS-5	:	Thallous bromide-iodide

4. ระเบียบวิธีปฏิบัติงาน (Procedure)

4.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. Spectrometer ประกอบด้วย DTGS detector ,Fourier Transform Infrared : Nicolet Brand , Model 560
2. Attenuated Total Reflectance (ATR) Attachment , Vertical
3. Crystal KRS-5 (thallous bromide-iodide) 50x10x3 mm, 45° parallelogram
4. Flowhood , laminar , external exhaust
5. Microsyringe 1-10 microliter range , all glass and stainless steel

6. Aluminium pan without ridges
7. Hexane , Spectroscopic grade
8. Isopropyl Alcohol , Spectroscopic grade

4.2 ขั้นตอนการปฏิบัติ

4.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

4.2.1.1 ใช้ส่วนผสมที่เหลืออยู่ (residue) จากการทดสอบ NVR เพื่อทำการวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพและปริมาณโดยใช้FT-IR และ ATR ในการวิเคราะห์

4.2.1.2 ใช้วิธีการชะตัวอย่างด้วยตัวทำละลาย (เฮกเซน หรือตัวทำละลายอื่น ที่สามารถละลายสารปนเปื้อนได้)จนกระทั่งแน่ใจว่าสามารถชะสารปนเปื้อนที่ติดอยู่บนตัวอย่างได้หมด

4.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง

4.2.2.1 การระบุส่วนที่เหลืออยู่ (Residue) จากการทดสอบ NVR

-เติม 2 ml ของเฮกเซนในถาดอะลูมิเนียมและเอียงถาดไปมาเพื่อให้สารละลายเฮกเซนและสารปนเปื้อนผสมกันทั่วทั้งถาด

-ระเหยที่อุณหภูมิต่ำ (60°C) จนกระทั่งเหลือสารละลายประมาณ 1 ml

-จากนั้นใช้เข็มที่ทำความสะอาดด้วยเฮกเซนแล้ว ดูดสารละลายจากถาดอะลูมิเนียมหยดลงบน Zn-Se Crystal (in a drop-wise fashion)

-ควรจะทำการชะถาดอะลูมิเนียมด้วยเฮกเซนอีก 3 ครั้งเพื่อให้ได้ค่า sample recovery สูง

ข้อสังเกต : ถ้าสารปนเปื้อนมีความเข้มข้นสูงควรทำการชะด้วย hexane หลายครั้ง ๆ โดยทั่วไปถ้าอยู่ในสภาวะ high recovery จะไม่สังเกตเห็นการเพิ่มของสารปนเปื้อนบน KRS-5 Crystal อีก ทำการวิเคราะห์ด้วยรังสี infrared จะได้ IR Spectrum และทำการคำนวณความเข้มข้นของสารปนเปื้อนจากค่า absorbance โดยใช้ กราฟมาตรฐาน (Standard curve)

ตัวอย่าง : สมการเส้นตรง $Y = mx + b$

เมื่อ Y = ค่า Absorbance ที่วัดได้ (mabs)

m = ค่าความชันของเส้นตรง

b = จุดตัดบนแกน y

X = ความเข้มข้นของตัวอย่าง (mg)

เช่น ถ้าค่า Absorbance วัดได้ 9.6 , ดังนั้น

ความเข้มข้นของตัวอย่าง , X = 9.6 - b

ทำซ้ำขั้นตอนดังกล่าวสำหรับการชะครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3

4.2.2.2 การระบุตัวอย่างที่ไม่รู้ (Unknown sample)

- ชะชิ้นส่วนหรือสารตัวอย่างที่ไม่ทราบด้วยตัวทำละลาย (เฮกเซนหรือสารละลายอื่น ๆ ซึ่งสามารถละลายสารปนเปื้อนได้) ลงในถาดอลูมิเนียม
- ให้ความร้อนกับถาดอลูมิเนียมประมาณ 60 °C , ระเหยจนกระทั่งสารละลายเหลือประมาณ 1-2 ml
- ทำการวิเคราะห์ด้วยรังสี infrared จะได้ IR Spectrum จากนั้นทำการแปรผลให้ทราบถึงชนิดของสารปนเปื้อน หากสารปนเปื้อนที่ทำการวิเคราะห์นั้น ๆ มีการทำ Standard Curve เพื่อจะทำการหาปริมาณที่ตรวจพบ ให้ทำการคำนวณความเข้มข้นของสารปนเปื้อนจากค่า absorbance โดยใช้กราฟมาตรฐาน (Standard curve)

ตัวอย่าง : สมการเส้นตรง $Y = mx + b$

เมื่อ Y = ค่า Absorbance ที่วัดได้ (mabs)

m = ค่าความชันของเส้นตรง

b = จุดตัดบนแกน y

X = ความเข้มข้นของตัวอย่าง (mg)

เช่น ถ้าค่า Absorbance วัดได้ 9.6 , ดังนั้น

ความเข้มข้นของตัวอย่าง , X = 9.6 - b

ภาคผนวก ค.3

มาตรฐานการปฏิบัติงานขั้นตอนการวิเคราะห์ สารตกค้างบนชิ้นงานซึ่งไม่สามารถระเหยเป็นไอได้ (Non-Volatile Residue)

1. วัตถุประสงค์ (Purpose)

เป็นขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์สารตกค้างบนชิ้นงานซึ่งไม่สามารถระเหยเป็นไอได้ (Non-Volatile Residue) โดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ในที่นี้คือ Hexane

2. ขอบข่าย (Scope)

เอกสารนี้ใช้กับ Drive Components , mechanical parts,non-metallic parts (plastic parts,ceramics etc.) และชิ้นส่วนที่ประกอบแล้ว (motors,cartridge)

3. ระเบียบวิธีปฏิบัติงาน (Definition/Terminology)

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 ถาดระเหย (Evaporating dish)

3.1.2 คีมคีบ (Metal tongs หรือ Tweezer)

3.1.3 เครื่องชั่งที่สามารถอ่านค่าได้ 0.01 mg

3.1.4 บีกเกอร์ (Pyrex beakers ขนาด 25 , 50 , 100 ml)

3.1.5 กระบอกตวง (Graduate cylinders ขนาด 10 , 25 , 50 , 100 ml)

3.1.6 ปิเปต (Graduate pipette ขนาด 10 ml)

3.1.7 แท่นให้ความร้อน (Hot plate) และ เทอร์โมมิเตอร์ (Thermomete)

3.1.8 ตู้ดูดความชื้น (Desicator)

3.1.9 ถาดอลูมิเนียม (Aluminium weighing pan ขนาด 70 ml โดยมีขอบเรียบ)

3.1.10 หลอดหยด (Disposable pasteur pipettes) , 9 in , with latex bulb

3.1.11 ตัวทำละลาย ได้แก่ Hexane , Isopropyl alcoho (IPA) , Dichloromethane HPLC grade

3.1.12 Lab detergent

3.1.13 ถุงมือ (Latex gloves)

3.1.14 Head cover

3.1.15 Desicant (silica gel)

3.2 กระบวนการวิเคราะห์

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์

(1) Hot plate ต้องเป็นชนิด Explosive-proof และใช้ภายใต้สภาวะ Explosive proof,มี exhausted flowhood และอุณหภูมิพื้นผิวควรอยู่ที่ 65°C หรือที่อุณหภูมิซึ่งสารละลายยังไม่เดือด

(2) การทำความสะอาดเครื่องมือ , อุปกรณ์ต่าง ๆ เครื่องแก้วทั้งหมด , Metal tong หรือ Tweezer จะต้องล้างด้วยสารทำความสะอาดที่มีสารตกค้างอยู่ในปริมาณน้อยมาก (Low residue lab detergent) จากนั้นชะล้างอย่างน้อย 10 ครั้งด้วยน้ำ DI , นำไปวางในบิกเกอร์ขนาดใหญ่ซึ่งมี IPA และนำไปสั่นด้วยถัง Ultrasonic ประมาณ 3 นาที และล้างซ้ำโดยใช้ IPA ใหม่อีก 2 ครั้ง จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100°C ± 5 °C ทำการวิเคราะห์ด้วย FT-IR เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนตกค้างอยู่

(3) Aluminium Weighing Pans วางในตู้อบที่อุณหภูมิ 100°C ± 5 °C เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำไปไว้ในตู้ดูดความชื้น (Desicator) และทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 60 นาที , ชั่งและบันทึกน้ำหนักของ Sample & Control pan

ข้อควรระวัง ควรจับชิ้นงานหรือถาดด้วยคีมคีบ (metal tong หรือ Tweezers) ที่สะอาด ห้ามใช้นิ้ว , ถุงมือ , ถุงนิ้ว ห้ามสัมผัสด้านในบิกเกอร์หรือปลายปิเปตด้วยนิ้ว

3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

3.2.2.1 ทำการทดสอบภายใต้ Exhausted flow hood

3.2.2.2 ทำการแช่ชิ้นงานด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ Hexane ให้แช่ชิ้นงานใน Aluminium Weighing Pans และแน่ใจว่าชิ้นงานทั้งหมดถูกจุ่มทั่วทั้งชิ้นโดยทิ้งไว้ 15 นาที หลังจากครบเวลา นำชิ้นงานออกโดยใช้ Tweezer ที่สะอาด

3.2.2.3 ให้ความร้อนบน Hot Plate ที่อุณหภูมิประมาณ 65 °C หรืออุณหภูมิซึ่งสารละลายยังไม่เดือด สำหรับ Control pan ใช้ตัวทำละลายในปริมาณที่เท่ากับใช้ในการแช่ชิ้นงาน มาระเหยเหมือน Sample pan จากนั้นระเหยให้แห้ง

3.2.2.4 วาง Sample และ Control Al pan ใน desicator เป็นเวลา 90 นาที เพื่อให้เย็น

3.2.2.5 ชั่งน้ำหนักของ Pan และบันทึกน้ำหนักไว้ โดยใช้ความละเอียด 0.01 mg

3.2.2.6 ทำการระบุชนิดของสารตกค้างด้วย FT-IR

3.3 การคำนวน NVR

ถ้าตัวทำละลายถูกใช้หมด สำหรับการทดสอบ NVR

$$NVR\ (ng/pc) = \frac{(S_f - S_i) - (C_f - C_i)}{S_a}$$

เมื่อ S_f = น้ำหนักตัวอย่างสุดท้าย (ng)

S_i = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (ng)

C_f = น้ำหนักตัวควบคุมสุดท้าย (ng)

C_i = น้ำหนักตัวควบคุมเริ่มต้น (ng)

N = จำนวนชิ้นงาน (pc)

หรือ ถ้าตัวทำละลายถูกใช้ไม่หมด

$$NVR\ (ng/pc) = \frac{(Sf - Si) - (Cf - Ci) \times Vt}{N*Va}$$

Va = สารละลายที่ใช้สำหรับ NVR

Vt = ปริมาตรรวมที่ใช้ในการชะหรือแช่

ภาคผนวก ง.

มาตรฐานการปฏิบัติงานขั้นตอนการตรวจสอบเสียง

(Process Instruction Anderon)

1.วัตถุประสงค์ (Purpose)

เพื่อตรวจสอบเสียงและค่า LEVEL ต่าง ๆ ตาม SPEC. ของ BEARINGในขณะหมุน

2. ขอบข่าย (Scope)

เอกสารฉบับนี้อธิบายถึงขั้นตอนในการทำงานเพื่อทำการตรวจสอบเสียง รวมถึงเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการตรวจสอบ

3. ระเบียบวิธีปฏิบัติงาน(Procedure)

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่อง ANDERON

3.1.2 ADAPTER

3.1.3 PUSHER

3.1.4 HEAD PHONE

3.1.5 กล่อง NG

3.1.6 ถาด

3.1.7 น้ำยา METHANOL

3.1.8. ถุงพลาสติก

3.2 วิธีการตรวจสอบ/ขั้นตอนการทำงาน

3.2.1 CHECK อุปกรณ์ที่เครื่อง ANDERON ให้ตรงกับ MODEL ที่ต้องการ CHECK

3.2.2 เปิด SWITCH POWER เครื่อง ANDERON แล้วสวม HEAD PHONE เพื่อฟังเสียง

3.2.3 นำ BEARING สวมที่ ADAPTER ซึ่งมีหน้าที่ทำให้ INNER RING หมุน โดยให้

3.2.3.1 BEARING ที่ประกอบ SHIELD BROWN และ SHIELD SILVER จะฟังเสียงเพียงด้านเดียว โดยให้หันด้าน SHIELD BROWN ออกด้านนอก

3.2.3.2 BEARING ที่ประกอบสีเดียวกันทั้งสองด้านจะต้องฟังเสียงทั้งสองด้าน (ด้านละ 3 sec) โดยจะหันด้านใดออกก่อนก็ได้

3.2.3.3 BEARING ประกอบ SHIELD 1 ด้านจะฟังเสียงเพียงด้านเดียว โดยให้หันด้าน RETAINER ออก

3.2.4 ดัน PUSHER ให้ติดกับ FACE O/R ซึ่งจะมี SPRING เป็นตัวยึดดันและจะเป็นตัวกำหนด ระดับคลื่นเสียงโดยมี CONVERTER HEAD ด้านบนที่ลงมาสัมผัส OD. ของ OUTER RING ซึ่งจะทำหน้าที่ CHECK ความสั่นสะเทือนของ OUTER RING

3.2.5 หมุน SPRING หาคลื่นเสียง เพื่อฟังเสียงแยกประเภทชิ้นงาน พร้อมทั้ง CHECK LEVELตามค่าที่ กำหนด ถ้าเกิน SPEC. ให้แยกเป็นงาน NG

3.2.3.6 BRG. ที่ CHECK เรียบร้อยแล้วให้ใส่ ภาชนะเพื่อส่งต่อ PROCESS ถัดไป สำหรับ MODEL 6010 , 3415 ให้ใส่ BOX พลาสติกเพื่อส่งต่อ PIVOT นำไปประกอบต่อไป

Level Anderon OK

Model	Level L	Level M	Level H
6140 Nigace W (LF)	8.0	1.6	2.4
6140 Kluber	8.0	2.0	3.0
1810	8.0	2.0	3.0
6010 , 3715	8.0	1.6	1.1
7040	8.0	1.6	1.6
5020	4.0	1.1	1.1
8030	4.0	1.1	1.1
7840	8.0	1.6	1.6
3415	8.0	1.6	1.1
5025	8.0	1.6	1.6
5020BB , 8030BB	20.0	20.0	20.0

งานที่ OK ตาม LEVEL ใส่กล่อง OK ส่วนงาน NG แยกใส่กล่อง NG ดังต่อไปนี้

1. I/R FLAW 3. BALL FLAW 5. LEVEL L 7. LEVEL H

2. O/R FLAW 4. B CLASS 6. LEVEL M 8. DUSTY

ภาคผนวก จ.

มาตรฐานการปฏิบัติงานขั้นตอนการล้างชิ้นงาน
(Process Instruction Washing)

1.วัตถุประสงค์ (Purpose)

เพื่อทำความสะอาดชิ้นงานที่ MATCH แล้ว (Bearing A/F Matching) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

2. ขอบข่าย (Scope)

เอกสารฉบับนี้อธิบายถึงขั้นตอนในการทำงานเพื่อทำการล้างชิ้นงาน รวมถึงเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการล้าง

3. ระเบียบวิธีปฏิบัติงาน(Procedure)

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่อง WASHING

3.1.2 ตะแกรง

3.1.3 บีกเกอร์

3.1.4 ถาด

3.1.5 ตัวทำละลายอินทรีย์

3.2 วิธีการตรวจสอบ/ขั้นตอนการทำงาน

3.2.1 นำชิ้นงานที่ผ่านการลบสนามแม่เหล็ก (Demagnetize) เพื่อลดปริมาณฝุ่นแล้วไปล้างที่เครื่อง Washing โดยทำการปรับเปลี่ยนสภาวะของการล้างโดยใช้คลื่นเหนือเสียง (ultrasonic) และอุณหภูมิที่ค่าต่างๆตามความเหมาะสม

3.2.2 เมื่อครบกำหนดนำงานออกเทใส่ถาด Stainless เพื่อส่งต่อขั้นตอนถัดไป

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจุฬาลักษณ์ นาคสังข์ สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนสะอาดเผดิมวิทยา และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนศรียาภัย จากนั้นเข้าศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาที่มหาวิทยาลัยศิลปากรในระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ในปีการศึกษา 2540 จากนั้นได้เริ่มทำงานในบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พร้อมกับการได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาโทภาคนอกเวลาราชการของคณะวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546