

폐플라스틱 유화공정중 대기중 발생하는 CI 저감방안

김성중 · 김진우 · 박원석

인천대학교 안전공학과

1. 서 론

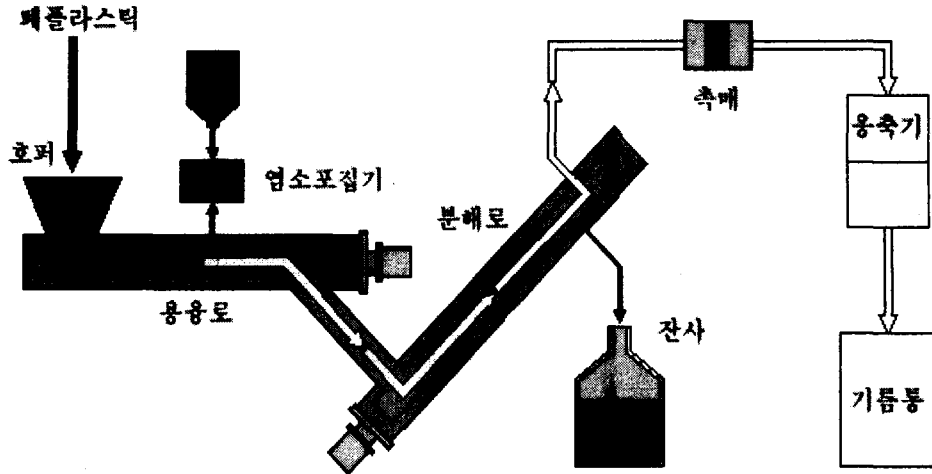
환경의 문제가 크게 인식되고 있는 현재시점에서 폐기물의 처리는 환경오염과 밀접한 관계를 갖고 있다. 그중 폐플라스틱은 매립시 썩지 않으며, 소각시에는 다이옥신 및 염화수소 등 인체에 유해한 2차 오염물질을 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 매립과 소각 모두 2차 환경오염문제가 발생하고 있는 것으로 나타난 폐플라스틱을 재활용하는 기술의 정착이 시급하게 대두되고 있다. 하루에 발생하는 약 3,000톤의 폐플라스틱을 에너지로서 활용하는 기술에는 폐플라스틱 유화가 대표적이지만, 폐플라스틱 유화설비의 실용화에는 많은 어려움이 있으며, 그 중에서도 염화비닐처리는 다이옥신 및 염화수소 등 인체에 유해한 2차 오염물질의 발생으로 처리면에서 가장 어려움을 겪고 있다.

본 연구는 폐플라스틱을 활용하여 기름을 생성하는 장치에서 발생하는 산성 가스 중 주된 오염원인 CI성분의 제거에 관한 연구이다. 폐플라스틱 유화장치로 폐플라스틱을 처리할 경우 폐플라스틱 처리에 따른 이상과 같은 문제점을 크게 줄일수 있기 때문에 국내환경을 합리적으로 보존할 수 있고 사람들의 건강을 위협하는 요인에 대한 보호대책으로 효과가 있다.

2. 이 론

2.1 유화시설의 기본적인 구조와 원리

폐플라스틱 유화시설은 <Fig 1> 과 같은 일반적인 구조를 가지고 있다. 파쇄선별기에 의해서 금속분, 병, 동 등 굵은 오염물을 제거하고 1차로 수분을 제거하게 된다. 이후 건조기를 통하여 2차 수분제거를 거쳐, 분쇄 분리기에서 모래나 흙 등의 불순물을 분리해 낸다. 이러한 전처리 과정을 거친 후 호퍼를 통해 1차로(용융로)에 원료를 투입한다. 투입된 원료에 잔류된 수분과 염소를 분리하고 염소를 처리 대기중으로 발산되지 않게 염소포집기를 설치하여 2차적인 환경오염을 막는다. 1차로(용융로)에서 450℃로 가열하여 통과한 원료는 2차로(분해로)에서 다시 600℃로 가열하여 통과한다. 이 과정에서 발생된 잔사(Sludge)를 2차 버너에서 태워 열을 회수한다. 분해로에서 나오는 기름을 축매를 통하여 응축기를 통하여 경질유, 고급 경질유를 생산하는 장치이다.



<Fig 1> 유화시설의 구조

2.2 유화시설에서 발생하는 유해물질

유화시설에서 발생하는 유해물질은 HCl 과 SO₂가 있으나 SO₂의 양은 HCl의 양의 비하며 무척 적은 양이다. 발생량을 살펴보면 <table 1>과 같다.

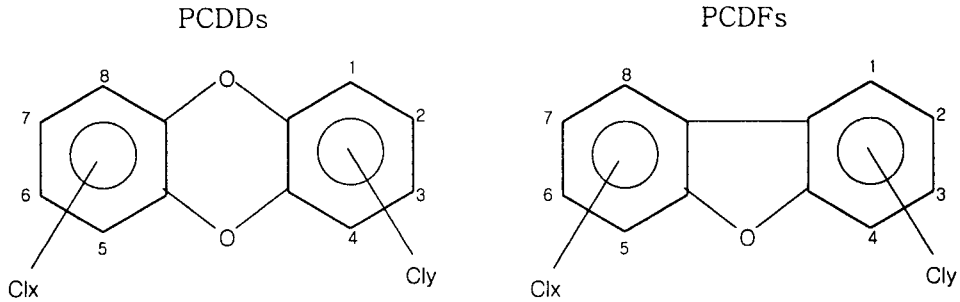
<Table 1> 원료에 따른 유화시설 Duct 내에 발생하는 기체성분

	duct of Comb.			
	CO ₂	H ₂ O	HCl	SO ₂
Polyethylene	3.137	1.29	0	0.0006
P.V.C	1.407	0.286	0.5818	0.0028
Cellulose	1.62	0.545	0	0.0054
Moisture	0	0	0	0
Ash&Inerts	0	0	0	0

출처 : 자원재생공사

유화처리과정 중에서 P.V.C(폴리염화비닐: C₄H₆Cl₂)에 포함되어 있는 Cl성분이 H(수소)와 결합하여 HCl이 발생하는 것을 볼 수 있다. P.V.C는 이러한 열분해로에서 Cl에 의해서 PCDD 또는 PCDF가 발생할수 있고 다이옥신류(PCDDs)와 퓨란류(PCDFs)로의 전의가 가능하다. 유화시설에서 1차로의 온도가 450℃이므로, 다이옥신과 퓨란류의 생성에 영향을 미치는 250 ~ 550℃구간에 있으므로 유해가스인 다이옥신과 퓨란류가 발생하는 경우가 생길수도 있다. 다이옥신과 퓨란류는 각각 75개와 135개의 이성질체를 갖는데 <Fig 2>에서처럼 Cl원자가 결합하는 위치와 개수에 따라서 다른 이성질

체로 구분된다.



<Fig 2> 다이옥신류와 퓨란류의 분자구조

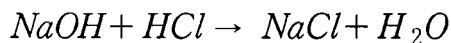
이러한 다이옥신과 퓨란류는 600℃에서 열과외 특성을 보이고 있어 2차로의 온도는 600℃이상을 유지해야 한다.

3. 실험 및 결과

3.1 실험

본 실험은 휴화장치에서 발생하는 Cl을 포집하여 효과적으로 제거하는 방법을 연구하는 실험이다. 따라서 가장 Cl성분이 많은 PVC를 주성분으로 한 실험을 말해두는 바이다.

염소를 분리하는 방법은 많은 방법이 있지만, 이번 실험에서는 <Fig 1>에서 보는 것처럼 염소 가스를 포집하여 방법을 택하였고, 염소를 제거하는 가장 효율적인 방법을 실험을 통하여 찾아보기로 하였다.



기본적인 원리는 가성소다를 포집기에서 분사하여 발생하는 염소가스를 화학반응을 유도하여 NaCl과 H₂O를 생성시키는 실험을 실시하였다. 염소 성분은 자연계에서 이온상으로 존재하지 않기 때문에 용융로에서 수소(H)와 결합하여 HCl의 형태로 가스상 물질이 된다.

1차 분해로와 2차 용융로에서 염소가스의 농도를 조사하였다. 정확한 수치의 조사를 위하여 각각 20회씩 조사한 후 평균값을 농도로 정하였다. 그 결과 <table 2>와 같이 1차 분해로는 662ppm 2차 용융로에서는 554ppm이 각각 나왔다.

염소 포집기와 저감장치는 1개이므로 일단 농도가 높은 1차 분해로에서 염소가스의 제어 실험을 하였다. 포집된 염소가스를 저감장치로 보낸 후 NaOH수용액을 120L/h(1차 분해로온도:450℃)와 80L/h(1차 분해로온도:450℃)의 양으로 분사한 후 염소가스의 농도를 측정하였다. 이때 NaOH수용액의 농도는 14pH, 13pH, 12.5pH, 12pH, 11.5pH, 11pH, 10.5pH로 바꾸어가며 처음 염소가스의 농도를 측정할 때와 마찬가지로 정확성을 위하여 10회씩 측정하여 평균을 내었다.

<Table 2> 염소가스농도 측정

(단위 : ppm)

회차	용융로		회차	용융로	
	1차용융로	2차 용융로		1차용융로	2차 용융로
1	671.3	549.7	11	661.4	553.6
2	667.4	555.2	12	663.4	558.5
3	665.1	555.8	13	654.3	553.1
4	673.4	552.3	14	659.5	551.9
5	652.1	551.2	15	660.8	556.4
6	659.3	532.4	16	659.4	556.3
7	658.1	573.4	17	661.0	557.1
8	659.8	552.1	18	659.1	556.4
9	663.4	560.3	19	663.5	555.4
10	664.6	547.4	20	663.3	552.9
				662	554

염소 포집기와 저감장치는 1개이므로 일단 농도가 높은 1차 분해로에서 염소가스의 제어 실험을 하였다. 포집된 염소가스를 저감장치로 보낸 후 NaOH수용액을 120L/h(1차 분해로온도:450℃)와 80L/h(1차 분해로온도:450℃)의 양으로 분사한 후 염소가스의 농도를 측정하였다. 이때 NaOH수용액의 농도는 14pH, 13pH, 12.5pH, 12pH, 11.5pH, 11pH, 10.5pH로 바꾸어가며 처음 염소가스의 농도를 측정할 때와 마찬가지로 정확성을 위하여 10회씩 측정하여 평균을 내었다.

이후에 포집기와 제어장치를 2차 용융로로 옮긴 후 2차 용융로에서 염소가스의 제어 실험을 하였다. 1차분해로와 마찬가지로 포집된 염소가스를 저감장치로 보낸 후 NaOH 수용액을 120L/h(2차 용융로 온도:600℃)와 80L/h(2차 용융로 온도:600℃)의 양으로 분사한 후 염소가스의 농도를 측정하였다. 이때 NaOH수용액의 농도는 12pH, 11.5pH, 11pH, 10.5pH로 바꾸어가며 처음 염소가스의 농도를 측정할 때와 마찬가지로 정확성을 위하여 10회씩 측정하여 평균을 내었다.

3.2평균 결과치

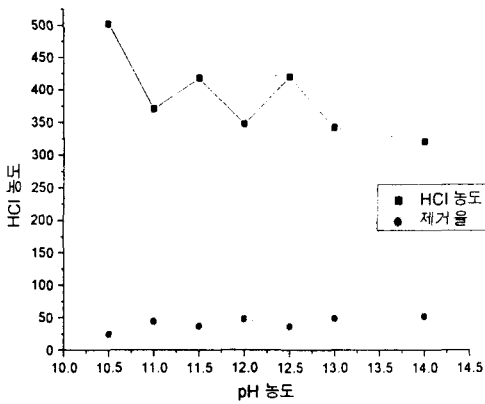
◎1차용융로

<Table 3> NaOH수용액이 120L/h(1차 용융로온도:450℃)일 때

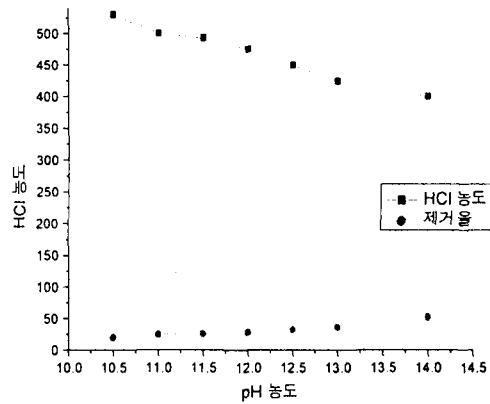
1차로 HCl농도(ppm)	662						
주입용액 농도 pH	14	13	12.5	12	11.5	11	10.5
반응후 HCl농도(ppm)	319.64	341.5	419.5	346.88	417.44	370.4	501.76
제거율(%)	51.72	48.41	36.63	47.6	36.94	44.05	24.21

<Table 4> NaOH수용액이 80L/h(1차 용융로온도:450℃)일 때

1차로 HCl농도(ppm)	662						
주입용액 농도 pH	14	13	12.5	12	11.5	11	10.5
반응후 HCl농도(ppm)	399.2	423.5	449.0	475.0	492.8	500.0	530.0
제거율(%)	39.69	36.03	32.18	28.25	25.56	24.47	19.94



<Fig 3> NaOH수용액이 120L/h
(1차 용융로온도:450℃)일 때



<Fig 4> NaOH수용액이 80L/h
(1차 용융로온도:450℃)일 때

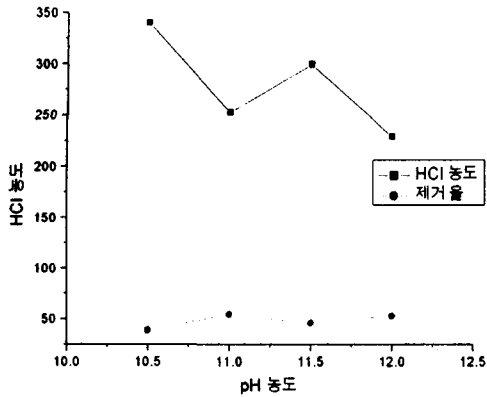
◎2차분해로

<Table 5> NaOH수용액이 120L/h(2차 분해로온도:600℃)일 때

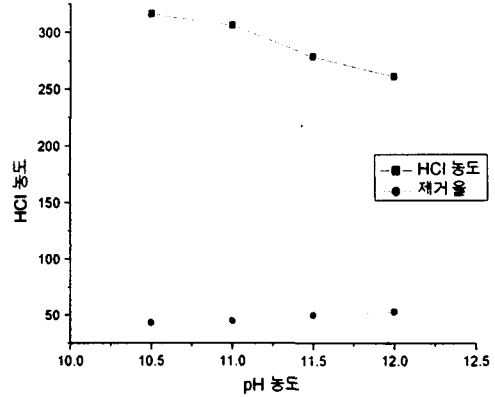
2차로 HCl농도(ppm)	554			
주입용액 농도 pH	12	11.5	11	10.5
반응후 HCl농도(ppm)	228.88	299.44	252.4	339.76
제거율(%)	58.69	45.95	54.44	38.67

<Table 6> NaOH수용액이 80L/h(2차 분해로온도:600℃)일 때

2차로 HCl농도(ppm)	554			
주입용액 농도 pH	12	11.5	11	10.5
반응후 HCl농도(ppm)	261.14	278.6	306.16	316.24
제거율(%)	52.88	49.71	44.74	42.92



<Fig 5> NaOH수용액이 120L/h
(2차 분해로 온도:600℃)일 때



<Fig 6> NaOH수용액이 80L/h
(2차 분해로 온도:600℃)일 때

4. 결론

본 실험을 통하여 폐플라스틱 유화시설에서 발생하는 염소가스의 제어가 50%가량 가능하다는 결과를 얻었다. 하지만 폐플라스틱 유화시설에서 발생하는 염소가스의 농도를 소각시설의 배가스 기준치인 50ppm이하로 줄이려면 1개의 제어장치로는 부족하다는 문제점도 발견하게 되었다. 따라서 1차 분해로와 2차 용융로에 각각 한 개씩의 제어장치를 설치하는 방안에도 대하여도 고려해 보아야 하겠다. 또한 제어시스템에서 발생하는 폐수의 이용이나 처리 문제도 고려해볼 사항이다.

참고문헌

1. (사)한국대기보전학회, 가스상 오염물질 처리 신기술 Vol.1, pp 95, 102
2. 한국과학기술원, 폐기물 소각기술-다이옥신 저감을 위한 설계/건설/운영, 1999. 2
3. 김병희 외 15인, "성문 이화학사전", 한국사전연구소, 1992
4. 우완기, "대기오염개론", 동화기술, 2판, 1992 - 환경오염 대기 공정 시험법
5. 환경부, "대기오염공정시험법", 동화기술, 2판, 1994
6. 장철현, "유해가스처리공학", 동화기술, 서울, 1992