

전해공정과 고속전해조에 대한 연구

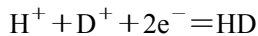
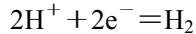
리정찬, 조성필, 차영

우리는 주체적인 원자력공업과 국방공업발전에 절실히 요구되는 중수에 대한 수요를 해결할 목적으로 자연수로부터 저농도중수를 분리농축하기 위한 연구사업을 하였다.

논문에서는 여러종의 단극식전해조에서 중수소침적과정에 미치는 몇가지 가속화인자들의 영향을 비교평가하였다.

1. 전해조에서 중수소침적과정의 이론적해석과 고속전해조의 구조

전해과정에서 중수소침적과정은 다음과 같다.[3]



반응식에서 보는바와 같이 경수소의 환원이 중수소의 환원보다 우세하게 진행된다.[4] 즉 전해액과 수소사이의 H와 D의 상대적인 조성비가 크게 차이나게 되는데 이 비(전해과정의 분리결수)만큼 중수가 선택적으로 전해액에 침적되게 된다.[1, 2]

각이한 전극재질과 전해온도에서의 분리결수는 표 1, 2와 같다.

표 1. 각이한 전극재질에서의 분리결수

전극재질	α
C	6.7
Fe	9.9
Ni	5.1
Pt	6~14

표 2. 각이한 전해온도에서의 분리결수

전해온도 /°C	전극재질	
	Ni	Pt
20	7.0	5.3
85	5.9	3.2

표 1, 2에서 보는바와 같이 중수소침적과정의 분리결수는 일반적으로 극판재질이 전해온도에 따라 차이난다. 순전해공정(1단)에서 물질수지관계로부터 출발한 전

해시간-제품조성관계를 유도하였다.

전해과정에서 물질이동량에 대한 물질수지관계는 다음과 같다.

$$F = G + rF \quad (1)$$

또한 주성분(D)에 대한 물질수지관계는 다음과 같다.

$$\int_{x_e(0)}^{x_e(t)} L dx_e(t) = \int_0^t x_f F dt - \int_0^t y_e(t) G dt - \int_0^t r x_e(t) F dt \quad (2)$$

여기서 F , x_f 는 원료의 공급량(mol/h)과 물질량분률, G , $y_e(t)$ 는 수소의 발생량(mol/h)과 물질량분률, L , $x_e(t)$ 는 전해액의 량(mol)과 물질량분률, r 는 물공급량과 수증기류출량의 비, t 는 전해시간이다.

$y_e(t) = x_e(t) / \alpha_e$ 이므로 식 (1)을 미분하면 다음과 같다.[2, 3]

$$Lx_e'(t) = x_f F - (1-r)x_e(t)F / \alpha_e - rx_e(t)F \quad (3)$$

여기서 α_e 는 전해과정의 분리계수이다.

한편 전해과정에서 중수의 농도가 최대로 되는 시간(중수의 농도가 증가하지 않을 때)을 t_0 이라고 하면 이때 조성은 다음과 같다.

$$\int_0^{t_0} x_f F dt = \int_0^{t_0} y_e(t) G dt + \int_0^{t_0} rx_e(t) F dt \quad (4)$$

식 (2), (3)으로부터 식 (4)를 풀면 전해시간에 따르는 전해액의 조성을 정량적으로 평가하는 해석적인 관계가 얻어진다.

$$x_e(t) = x_e(0) + (x_e(t_0) - x_e(0)) \left(1 - e^{-F[(1-r)/\alpha_e + r]/L} \right) \quad (5)$$

$$t = \frac{L}{F[(1-r)/\alpha_e + r]} \ln \frac{x_e(t_0) - x_e(0)}{x_e(t) - x_e(0)} \quad (6)$$

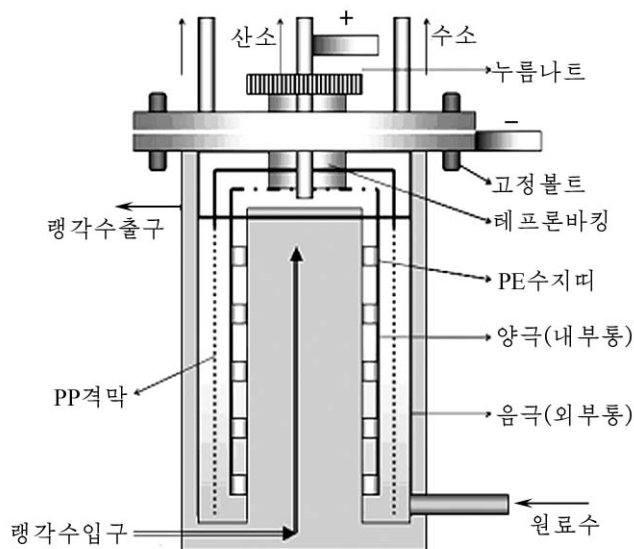


그림. 원통형 고속전해조의 구조

따라서 같은 용량의 전해조에서 분리계수는 전해액에서 중수소의 포화조성에 관계되며 전해액량은 중수소의 침적속도를 높이는 중요한 인자라는 것을 알 수 있다.

이로부터 우리는 일반평극관형전해조(JME형전해조)와 일반원통형전해조구조를 비교하여 새로운 형태의 원통형 고속전해조를 제작하였다. 원통형 고속전해조의 구조는 그림과 같다.

2. 전해공정모의결과

전해공정의 모의는 프로그램 Visual Basic로 식 (5), (6)에 의하여 진행하였다.

모의조건은 다음과 같다.

I 는 400A, U 는 2.5V, 극판규격 및 배치상태는 전해조의 형태에 따라 다르게 하였다. 전해액의 량은 JME형에서 180L, 원통형에서 30L, 고속전해조(제작)에서 10L이고 전해액의 조성은 NaOH 25%, 기타 H_2O 이며 D 는 0.6%이다. 원료공급(분해)속도는 148.3mL/h, 전해분리계수는 3, 수증기발생량은 물공급량의 10%이다.

각이한 전해조에서 전해시간에 따르는 중수소의 함량변화를 모의한 결과는 표 3과 같다.

표 3. 각이한 전해조에서 전해시간에 따르는 중수소의 함량변화(%)

장치종류	전해시간/d			
	10	20	30	40
JME형전해조	0.668 5	0.737 2	0.790 1	0.844 1
원통형전해조	0.940 1	1.151 7	1.283 3	1.365 2
고속전해조	1.283 3	1.447 8	1.487 4	1.497 0

표 3에서 보는바와 같이 우리가 제작한 전해조에서 중수소의 함량은 같은 시간동안에 다른 전해조들에 비하여 훨씬 더 많았다. 즉 전해조에서 중수소의 농축속도가 매우 빠르다는것을 알수 있다.

맺 는 말

순전해공정에서 중수소의 농축속도는 전해액의 체적이 작을수록 빨라진다.

전해공정에서 전해시간에 따르는 중수소의 함량을 모의하였다. 모의결과 우리가 제작한 전해조에서는 종전의 생산용전해조 JME형에 비하여 전해액체적은 1/18이고 중수소의 농축속도는 매우 빠르며 이론적으로는 18배에 달한다.

참 고 문 헌

- [1] 리연; 핵재료학, 김일성종합대학출판사, 164~170, 주체89(2000).
- [2] 한정운 등; 화학기술자들을 위한 물리화학편람, 공업출판사, 105~150, 주체99(2010).
- [3] S. William; WO02/060814A1, 2002.
- [4] A. S. Harold; J. Chem. Phy., 41, 3, 680, 1964.

주체103(2014)년 12월 5일 원고접수

On the Electrolysis Processing and the High Speed Electrolyzer

Ri Jong Chan, Jo Song Phil and Cha Yong

We simulated the relationship between the deuterium concentration and the electrolysis time in the electrolysis processing. As the result, the volume of electrolyte decreased 1/18 than previous electrolyzer and the speed of deuterium concentration is very fast.

Key words: deuterium, electrolysis processing, high speed electrolyzer