

# 미세기포 발생 산기장치 금형의 설계와 제작에 관한 연구

이은중<sup>1</sup> · 최계광<sup>† 2</sup> · 김세환<sup>2</sup>

공주대학교 기계자동차공학부<sup>1</sup> · 공주대학교 금형설계공학과<sup>2</sup>

## A study on mold design for microscopic bubble-producing air diffusers and on mold manufacture

Eun-jong Lee<sup>1</sup> · Kye-kwang Choi<sup>† 2</sup> · Sei-hwan Kim<sup>2</sup>

Div. of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University<sup>1</sup>

Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju National University<sup>2</sup>

**Abstract :** Sewage treatment plants are energy hogs. Among many, aeration systems account for 40-50 percent of the total energy use. To save energy, strengthening oxygen transfer characteristics is necessary. In order to do so, microscopic bubble-creating equipment is a prerequisite. This study focuses on microscopic bubble-producing air diffuser manufacture to save energy and enhance oxygen transfer.

**Key Words :** sewage treatment, power consumption, oxygen transfer characteristics, microscopic bubbles, air diffuser

### 1. 서 론

하수처리시설에서는 다량의 전력을 소비하고 있다. 그중 폭기 설비의 전력소모량은 전체 하수처리 전력소비량의 40~50%를 점유하고 있다. 하수 처리 시 소비전력을 감소시키려면 하수에 전달되는 산소의 양과 전달속도 등 산소전달 특성을 향상시키는 것이 필요하다. 이에 대한 대책으로는 미세한 기포를 발생할 수 있는 장치가 먼저 이루어져야 한다. 본 사업에서는 에너지절감 및 고효율 산소전달효과를 얻기 위해 미세기포를 발생하도록 산기장치를 제작하는 것이 목적이다.

또한 현재 대부분 판매되고 있는 제품은 외국회사 제품들이 주를 이루고 있어 국산화 및 수출확대를 위해서도 반드시 필요하다.

### 2. 본 론

#### 2.1. 국내외 연구동향

##### 2.1.1. 국내

- 국내에는 산기관을 판매하는 회사는 (주)에이에 엔티이십일, 아쿠아테크, 일진프라임, (주)엠에치엔지니어링 등이 있다. 아쿠아테크는 하수, 폐수 등 수질오염관련 대상물을 수처리 공정을 통해 관리하는 환경오염방지 수처리 전문업체로 HDPE 재질의 봉형 산기관을 개발하고 있다. 일진프라임은 캐나다로부터 산기장치를 수입하여 판매한다. (주)엠에치엔지니어링은 멤브레인 봉산기관을 제조한다.
- 국내외적으로 설치되어 있는 산기장치(관)는 10여종 정도가 있는데, 국내에서 생산된 제품보다 대부분은 외국에서 수입한 제품을 사용하고 있다. 산기장치는 형태에 따라서 디스크/볼/봉 type과 원뿔다공 type로 나눌 수 있다.

또한, 기포가 발생되는 노즐재질에 따라서 고

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
ckkwang@kongju.ac.kr  
접수 : 2012. 11. 29. 채택 : 2013. 01. 25.

분자플라스틱/고무(rubber)/세라믹 등이 존재한다. 일반적으로 저렴하여 보편화된 디스크 및 볼 형태는 공기주입 중지 시 응집된 슬러지의 cluster가 적층되어 공기통로가 폐색된다. 이에 반하여 봉형태 및 원뿔형태는 상기 문제점을 극복할 수 있다.

- 기포가 발생하는 부분의 재질에 따라서는, rubber로 형성된 산기장치는 작동 초기에는 매우 균일하고 미세한 기포가 발생되더라도 수개월이 지나면 오페수의 내식성으로 인하여 고무의 신축성이 떨어지므로 기포노즐의 크기는 수배 이상 커지게 됨에 따라 기포크기의 증가에 의한 산소전달효율의 저하뿐만 아니라 공기주입 중지시 폐수의 역류로 기계장치에 손상을 줄 위험이 있다.

반면, 세라믹 및 고분자플라스틱 재질의 노즐 형태는 rubber 형태가 지니고 있는 작동시간에 따른 노즐크기의 증대라는 단점을 해결할 수 있다.

- 에너지 절감 차원에서 산기장치는 산소전달 효율을 최대한 높여 블로워(blower)의 가동대수 및 가동시간을 줄이는 것이 중요하다 할 수 있는데, 산기장치의 산소전달효율을 높이기 위해서는 산기장치에서 발생하는 기포를 최대한 미세하고 균일하게 하여 기체-액체의 접촉면적, 즉 수중 기포들의 bulk 총비표면적을 증대시켜 주어야 한다.

또한, 산기장치에서 부하되는 압력손실을 낮게 하여 적은 동력의 블로워로 충분하게 기포가 발생되어야 하며, 특히 교반효과가 요구되어지는 반응조 및 수질처리조에서는 낮은 압력 손실에 많은 양의 공기가 발생되어야 한다.

### 2.1.2. 국외

- 미국은 산업화와 인구증가 그리고 수질오염에 대한 관심 증가로 공공기관의 수처리시설이 확대 및 개선되고 있으며 환경기준 강화에 따라 화학 및 제약 기업들도 자체 수처리시설 투자를 늘리고 있다. 미국은 산기관 관련 시장은 ITT사의 Sanitaire와 Siemens Water Technologies 사가 생산 판매를 약 90% 정도를 점유하고 있다.
- 캐나다의 수처리 산업은 타환경산업이 어려움을 겪을 때에도 지속적으로 성장해 왔으며 최

근 낙후시설에 대한 자본 투자가 다시 활기를 띠면서 시장전망이 밝은 편이다. 캐나다 폐수처리시설 설비시장은 환경설비시장의 25%를 차지하는 가장 큰 시장으로 수질오염처리 프로젝트 진행 상황에 따라 매년 큰 차이를 보이고 있다. 2001년 기준 폐수처리 관련 설비시장은 캐화 18억불을 기록하고 있지만, 캐나다의 폐수처리시설을 최신식화 할 경우 160억불이 소요될 예정이다.

- 중국은 2004년 전국적으로도 우수처리시설, 산업폐수처리시설, 의료우수처리시설, 우수회수 이용시설 및 농촌급수시설 등의 설치·운영시장이 활성화 되고 있다. 중국 환경보호총국 예측에 의하면 “11·5계획” 기간 중 중국내 총생산액이 연간7.5%성장할 경우 환경보호 투자는 국내 총생산액의 1.4~1.5%에 이르게 되며, “11·5계획 기간(2006~2010년)” 환경분야에 1조3000억 元 투자예정이다.
- 유럽은 프랑스와 영국 등에서는 150여 년 전부터 상하수도 사업을 민간에 위탁 경영하는 모델로 발전하였다. 이러한 기반이 세계 물 시장을 흔드는 베올리아나 수에즈, 테임스워터 등과 같은 대기업을 키울 수 있는 바탕이 되었다. 2007. 3. 28 벨기에브뤼셀에서 현재 EU의장국인 독일은 EU의회와 이사회의 중재위원회운영을 통해 EU환경 지원프로그램인 『LIFE+』를 합의하였다. 『LIFE+』를 통해 2007~2013년 기간 총 18조 9400억유로 자연보호분야 투자할 것으로 알려지고 있다. EU자연 보호네트워크인 Natura 2000과 추가환경 프로젝트를 실시하고 있다.

## 3. 기술지원 내용 및 방법

### 3.1. 기술지원 방법

미세기포산기관은 공기주입이 필요한 수질에 기포들의 합체를 억제하여 균일한 기포를 생성하는 산기관으로서 균일 기포를 생성하기 위하여 산기관의 노즐은 일정간격으로 고안되며 폐수 정화장치의 규모에 따라 용존산소 능력을 조절할 수 있고 슬러지가 산기관에 쌓여 기포의 흐름을 막거나 방해하지 못하도록 원뿔형태로 조립되어진다. 본 사업에서는 노즐막힘과 역류방지 뿐만 아니라 기존에 비해 단수를 증가시켜 노즐의 양을 증가시키고 노즐사이

즈도 최적화 하였다.

기술지원내용으로는 미세기포산기관제작을 위해 산기관설계(금형제작자와 상호보완), 목업제작(금형전 기포형상시험), 2단 금형제작(CNC가공), 금형열처리(금형내마모성 강화), 시사출 및 시험(금형검토) 등 상호협력하여 사업을 진행하였다.

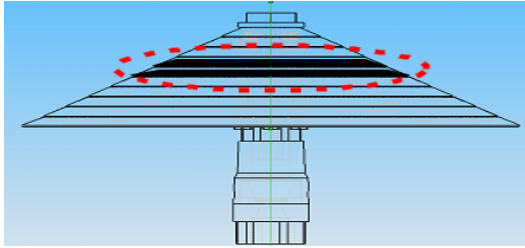


Fig. 1. Fine bubble diffuser

### 3.2. 기술지원 내용

#### 3.2.1. 제품설계

기존의 산기관의 문제점을 해결하기 위해 공기분배와 디스크의 회전을 방지하기 위해 돌출부를 두어 해결하였으며 300마이크로미터 크기의 홀을 가공하여 미세기포 산기관을 제작하였다. 또한 추가적으로 구멍의 홀수를 늘리기 위해 판수를 증가시키는 작업을 현재 수행하고 있으며 제품 금형제작이 마무리 되었으며 현재 시사출을 실시하였다.

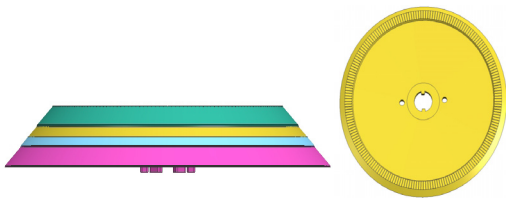


Fig. 2. Disk 3D model

#### 3.2.2. 목업

- 본 제품은 에너지절감 및 고효율 산소전달효과를 얻기 위해 미세기포를 발생하도록 산기관치를 제작하는 것임
- 미세기포산기관은 공기주입이 필요한 수질에 기포들의 합체를 억제하여 균일한 기포를 생성하는 산기관으로서 균일 기포를 생성하기 위하여 산기관의 노즐은 일정간격으로 고안되며 폐수 정화장치의 규모에 따라 용존산소 능력을 조절할 수 있고 슬러지가 산기관에 쌓여 기포

의 흐름을 막거나 방해하지 못하도록 원뿔형태로 조립되어짐

- 아울러, 시제품제작에 어려움이 있어 제품설계 데이터를 이용하여 3D 모델을 제작할 수 있는 RP장비로 3차원입체모델의 시제품제작 지원을 받고져 장비사용신청을 함.
- 대량생산 전(금형제작 전) 제품설계 확인 차원에서 시제품제작
- 제품설계와 실제품과의 불일치 시 금형수정 비용절감 및 원가절감 기대
- 설계에서 생산까지의 코스트와 시간 단축을 위한 검증용 필요

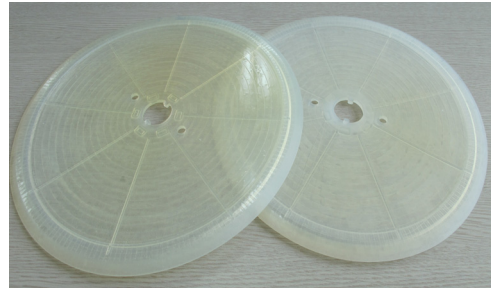


Fig. 3. Diffusers mock-up

#### 3.2.3. 금형설계

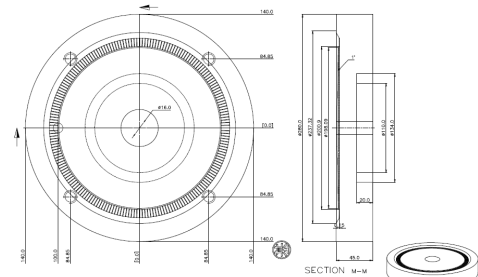


Fig. 4. 7 diffuser die drawing

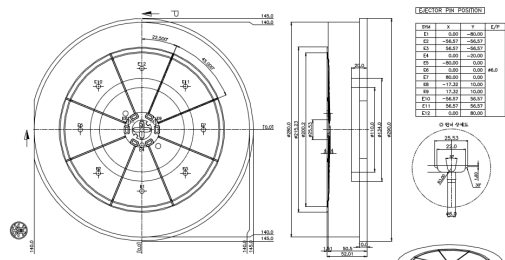


Fig. 5. 8 diffuser die drawing

### 3.2.4. 금형제작

기존의 금형을 이용하여 코아 2단을 설계 제작하였다. 아래 사진은 제작 금형이다.



Fig. 6. Diffuser die making

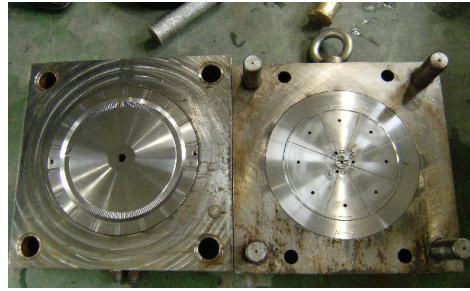


Fig. 9. Diffusers production die

#### 2) 시사출

다음 사진은 시사출 작업 사진이다. 사출기에서 시제품을 생산하였다.



Fig. 7. Diffusers production die



Fig. 10. Diffusers injection

### 3.2.5. 시제품 생산

#### 1) 금형조립 작업

7단과 8단의 상하단을 조립하여 제품을 생산하였다.

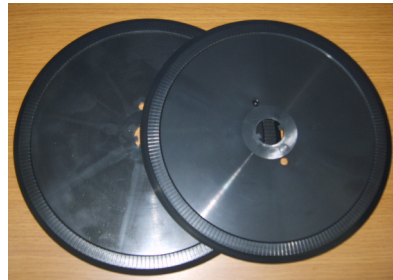


Fig. 11. Technical Support injection products



Fig. 8. Diffuser die assembling

### 3.2.6. 조립 시제품 실험



Fig. 12. Bubble test geometry diffuser



Fig. 13. diffuser test

## 4. 지원성과

### 4.1 기술적 성과

- SOTE 2% 향상
- 노즐수의 증가로 기포수 증가 5%
- 단수 증가 및 노즐증가
- 공기실 축소
- 일정 기포 사이즈로 분포되는 산기관 제조
- 산기관 내부형상 변형을 통한 내부디자인 설계
- 산기관 금형 제작

### 4.2. 경제적 성과

- 매출액증대 : 5억원 예상
- 수출액 증대 : 2억원 예상
- 고용창출 : 1명
- 사업화 계획 : 2011 하반기부터 판매

### 4.3. 기타 성과

- 생물반응조 설치
- 특허적용 제품
- 생물반응조 실험
- 기포형상 실험을 통한 합체여부 관찰
- 국내제품을 업그레이드한 제품생산

## 5. 결 론

### 5.1. 기여도

- 물부족 현상 극복 : 날로 심해지는 물부족 현

- 상을 오폐수의 증수도 재사용으로 극복
- 국내 하폐수 및 정수사업 관련의 요소기술에 기여
- 매년 5억 규모의 판매 증가

### 5.2. 향후 계획

- 국내 수처리 산업 활성화
  - 오폐수 정화시스템 적용
  - 대형 하수처리장 공정시스템 활용
  - KS M 9244에 적합한 시험장치 개발
- 환경장치 및 환경소재의 자체 제작으로 경쟁력 향상 (제조기간, 인력, 비용의 고효율화)
- 환경소재 산기관 제조 부문의 수출 매출 증대 (환경소재의 효율은 일본 등 선진기술과 동등하거나 기술우위에 있으며 제조비 경쟁력이 있어, 가공수출에 유력)
- 가정용 공공하수처리시설
- 댐상류 유입수 처리 적용
- 댐의 적조방지시설 적용
- 의학 및 화학관련 기업의 폐수처리시설
- 식품 및 농축산 농가폐수처리 시설
- 골프장 연못 정화 시설
- 양어장 산소공급시설

## 후 기

본 연구는 지식경제부 지원 광역경제권연계협력 사업 공주대학교 금형 및 열처리기술 지원사업단의 지원에 의해 (주)에이엔티이십일에 기술지원한 것입니다.

## 참고문헌

- 1) 우광재, “미세 와류기포 산기관”, 한국특허정보원, 2011.
- 2) 한전산업개발(주), “분리형 폭기 산기관 블록”, 한국특허정보원, 2010.
- 3) 주식회사 에코니티, “하이브리드형 산기관 시스템”, 한국특허정보원, 2009.
- 4) (주)에이엔티이십일, “다층 원뿔형 산기관”, www.ant2001.com.
- 5) 공주대학교 산학협력단, “New IT부품과 부품산업용 금형 및 열처리기술지원 사업에 관한 보고서”, 2011.