

# 하수 처리장 펌프의 특성과 개선 방향

崔 英 圭

<효성중공업(주) 상무이사>

## 1. 머리 말

70년대 이래 환경 오염의 심각성이 인식되고 대도시에서의 하수처리 시설의 중요성이 대두되어 국내에서도 82년 이래 구미, 반월을 비롯하여 84년에는 대구, 대전, 전주의 하수처리장이 건설되게 되었다. 서울의 경우 이미 중량천 하수처리장이 운영되고 있으며 탄천, 중량천, 안양천, 난지도 등의 하수처리장 플랜트 사업이 진행되고 있다. 이들 플랜트는 현 단계에서 엔지니어링은 국내 및 외국의 업체가 합작 주관하며, 토목 공사는 국내의 대형건설 업체가 담당하고, 기계, 전기, 부분은 국내와 외국의 제작자가 합작하여 사업을 수행하고 있다.

전체적인 기계, 전기 설비를 고려한다면 국내 제조자에 의해 개발된 제품도 있으나 아직 품질, 가격면에서 많은 문제점이 내재하여 품질의 개선 및 기술 개발이 이루어져야 할 것으로 생각한다. 이 중 펌프 부문에 있어서도 문제점은 유사하다고 생각된다. 그간의 하수처리사업 진행 과정을 통하여 나타난 주요 펌프의 사양과 요구 사양을 비교하고 앞으로 외국제품과 경쟁하기 위하여 개선할 사항에 대하여 제언하고자 한다.

## 2. 펌프의 특성

하수 처리장에 사용되는 펌프는 대체로 다음에 설명하는 특성을 가지고 있다.

### (1) 일반적 구조 특성

스컴(scum)이나 슬러지(sludge)에는 작은 결테 조각이나 각종 협잡물이 포함되어 있으므로 이송용으로 원심형(centrifugal type)을 사용할 때에는 이들 협잡물에 막히지 않도록 논클로깅(non-clogging)형으로 하여야 한다. 현재 사용하고 있는 임펠러에는 그림 1에 보인 것과 같이 단일 베인형(single vane type), 2 베인형(two vane type), 3 베인형(three vane type)과 토오크 유동형(torque flow type)이 있다.

(2) 하수 처리물은 부식성이 강하므로 펌프가 부식이 되기 쉽고 슬러지 모래 등 경질의 물질에 의하여 마멸이 되기 쉬우므로 이에 견딜 수 있도록 부식에 강하고 내마멸성인 재료로 펌프를 제작하여야 한다.

(3) 펌프의 케이싱(casing)과 토출관에는 손이 들어갈 정도의 크기로 청소구를 설치하여 협잡물이 걸릴 경우에는 청소가 가능한 구조로 하여야 한다.

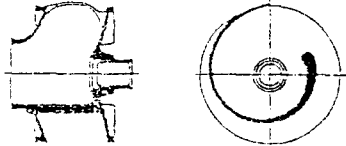
(4) 축봉수(scaling water)로는 처리수 자체를 사용할 수 없기 때문에 별도의 프로세스 워터(process water)를 공급하거나 메카니칼 시일(mechanical seal) 또는 간단한 그리이스 주입장치 사용한다. 이 경우 통상 1200 rpm 이하의 저속이 요구된다.

(5) 드라이 피트(dry pit)를 많이 이용한다.

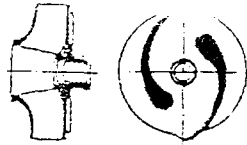
(6) 펌프 운전방식에는 수동식, 자동식, 반자동식 등 여러가지가 있으나 신속 원활한 처리장의 운영을 위하여는 수동식 보다는 자동식이 좋

■ 資料

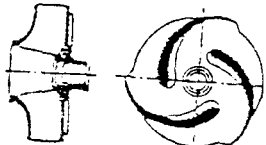
고 규모가 큰 처리장일수록 자동식이 좋다. 자동운전의 경우 간이식을 이용하여 통기관(ventilation pipe)을 설치하며, 기타 보호장치 및 계장설비는 다른 경우와 같다.



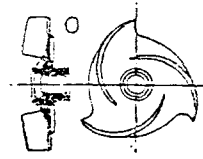
(a) 밀폐, 논클로킹 단일배인형  
(closed non-clogging, single vane type)



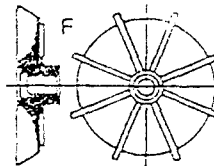
(b) 밀폐, 논클로킹, 2 배인형  
(closed, non-clogging, two vane type)



(c) 밀폐, 논클로킹, 3 배인형  
(closed, non-clogging, three vane type)



(d) 개방, 논클로킹, 3 배인형  
(open, non-clogging, three vane type)



(e) 토오크 유동형  
(torque flowtype)

그림 1 하수처리장 펌프의 임펠러 형태

(7) 펌프의 구경은 하수도 설비 기준에 따라 100 mm 이상으로 한다.

### 3. 슬러지 특성에 따른 펌프의 선택

펌프의 선택은 점성이 높은 슬러지, 점성이 낮은 슬러지, 스크림과 스크리닝(screenings) 및 슬

표 1 슬러지 펌프의 일반적인 요구 사항

| 슬러지의 종류     | 총고형물농도   | 정 수 두(m)            | 총 동수두(m) | 마      | 별 | 성      | 부 | 하 |
|-------------|----------|---------------------|----------|--------|---|--------|---|---|
| 전처리         | 0.5~10.0 | 0~1.5(중력)           | 1.5~3.0  | 높      | 다 | 크      | 다 |   |
|             |          | 5~10(싸이크론)          | 6~12     | 높      | 다 | 크      | 다 |   |
| 1 차침전       | 0.2~2.0  | 3~12                | 10~18    | 있      | 음 | 보      | 통 |   |
|             |          | 3~12                | 12~24    | 있      | 음 | 크      | 다 |   |
| 2 차침전(재순환용) | 0.5~2.0  | 1~1.8               | 1.8~4.5  | 없      | 음 | 적      | 다 |   |
| 2 차침전(농축용)  | 0.5~2.0  | 1.2~2.4             | 3~5      | 없      | 음 | 적      | 다 |   |
| 농축슬러지       | 5~10     | 6~12                | 24~45    | 있음/없음* |   | 크      | 다 |   |
|             |          | 60~120 <sup>+</sup> | 75~165   | 있음/없음* |   | 대 단히 크 | 다 |   |
| 슬러지소화조      | 3~10     | 0~1.5               | 2.4~3.6  | 없      | 음 | 보      | 통 |   |
|             |          | 0~6                 | 15~30    | 있음/없음* |   | 대 단히 크 | 다 |   |
| 화학적소화슬러지    | 0.5~3.0  | 3~12                | 9~18     | 없      | 음 | 적      | 다 |   |
|             |          | 3~12                | 9~24     | 없      | 음 | 보      | 통 |   |
|             |          | 3~12                | 9~24     | 없      | 음 | 보      | 통 |   |
|             |          | 0~15                | 6~30     | 높      | 다 | 대 단히 크 | 다 |   |

※ 그릿(grit) 제거효율에 의해서 결정됨.

## 하수 처리장 펌프의 특성과 개선 방향

표 2 하수처리용 펌프의 분류와 특성

| 분 류   | 펌 프 명                      | 특징과 개요   | 대표적 적용예   |
|-------|----------------------------|--|---|
| 원 심 식 | 볼류트펌프<br>(volute pump)     | 개방형이 표준, 대용량, 저농도 엄밀한 유량조절을 필요로 하지 않는 오토 수송에 적당.<br>수송 고형물 농도는 2~6%정도, 최대흡입압정(suction head) 4.6 m 정도   | 생슬러지(raw sludge) 최초침전지 오토니, 최종침전지오토니(반송일여), 소화조 순환오토니, 유동상태의 스크, 침사등 협잡물을 제거한 생하수 |
|       | 사 류 펌 프                    | 대용량, 저농도 엄밀한 유량조절을 필요로 하지 않는 오토 수송에 적당, 수송 고형물 농도는 2% 정도, 최대 4.6m 정도.  | 반송오토니(외원사류에서는 구경 300m/m 이상인 경우)<br>저농도에서 협잡물을 제거한 오토니, 생하수                        |
|       | 볼류트펌프                      | 클로즈 형이 표준  | 프로세스 워터 방류수   |
|       | 잠수펌프(sub-mergible pump)    | 클로즈형 오픈형   | 배수(drainage)  |
| 회 전 식 | 로타리 펌프<br>(rotary pump)    | 프로그레싱 캐비티 펌프(progressing cavity pump)가 가장 일반적, 왕복식 펌프와 대조적으로 평정한 흐름이 얻어진다. 비교적 마멸에 약하고 공운전은 불가, 유량은 회전자(프로그레싱 캐비티 펌프의 로우터)의 회전속도에 비례하여 변한다. 입형에도 횡형에도 성능은 불변 | 고점성의 농축오토니, 오토니 케이크, 슬러리(slurry)<br>기종에 따라서는 전고형물 농도 15~40% 정도의 오토니에도 적용된다        |
|       | 스크류우펌프<br>(screw pump)     | 펌프는 수평에 대하여 약 30°의 경사각이 보통 자흡력은 없다, 양성은 1기(1단)에 대하여 5~6 m 정도, 조대한 협잡물도 수송이 되나 펌프효율은 낮다. 고형물농도는 6% 정도까지   | 제진되지 않은 생하수 생오토니, 반송오토니 등   |
| 특수펌프  | 에어리프트펌프<br>(air lift pump) | 기구에 회전부분이 없고 구조가 비교적 간단, 펌프특성은 공기분사기(ejector) 심도의 비율에 좌우되지만 오토니량, 공기량과 같이 경험적, 실험적으로 결정되는 것이 보통이다. 사용 공기량이 많은 것이 약점  | 생하수, 생오토니, 반송오토니  |

러지 케익(sludge cake)에 따라 다르게 되며, 모두 펌프의 부식 및 마멸문제와 연관되고 슬러지가 흐를 수 있는가 없는가에 따라 그 형태가 달라진다.

슬러지가 흐를 수 없는 상태이면 체적형(positive displacement type) 펌프를 사용해야 하고, 슬러지가 흐를 수 있는 상태이면 원심식(centrifugal type) 펌프가 이용될 수 있다. 그

러나 원심식 펌프를 사용할 때에는, 경제성을 고려하여 슬러지의 농도와 점도에 따라 수두 손실을 감안하여 다른 방법을 택할 수도 있다. 전단력이 속도 구배에 선형적으로 비례하는 뉴우튼 유체(newtonian fluid)에서는 원심식 펌프 사용 한계가 세이볼트(saybolt)점으로 대략 3,500 S. U.S.(saybolt universal seconds)이고 이 한계 이상에서는 원심식 펌프의 효율이 크게 떨어져 오

## ■ 資料

히려 다른 종류의 펌프를 사용하는 것이 더 경제적이다.

일반적인 슬러지 펌프의 요구 사항은 표 1과 같으나 펌프의 최종 선택은 처리장의 규모, 운영 방법, 유지의 편의성 및 기술자의 경험에 따라 설계자가 정하게 된다.

### 4. 하수 처리용 펌프의 분류와 특성

하수 처리용 펌프는 크게 원심식, 회전식 펌프와 특수펌프로 분류할 수 있으며 이에 속하는 펌프 및 특징, 개요, 적용예 등은 표 2에 설명된 것과 같으며 그림 2~6에 펌프의 개략적인 구조를 나타내었다.

표 2에서와 같이 프로세스 워터나 처리수(effluent)용은 상수도용과 유사하므로 국내에서 현재 생산되는 제품이 사용될 수 있을 것이며, 하수 및 오수에 있어서 수직형의 경우 관개 용수용의 혼합유동형(mixed flow type)에서 재질만 변경하면 가능한 것으로 생각된다. 수평형의 경우, 중대형에서 개방형으로는 국내에서 상수도용 펌프의 경험이 있는 것으로 생각되어 큰 문제가 없을 것이나 소형(200mm 이하)에서는 구조, 효율면에서 어려운 문제점이 있다. 또한

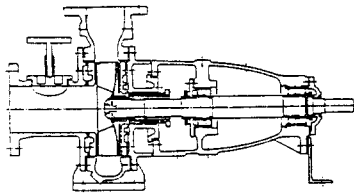


그림 2 볼류트 펌프

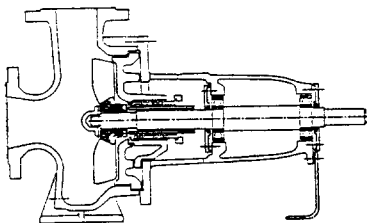


그림 3 토오크 유동형 펌프

슬러지나 스크럼용의 단일 배인 또는 2, 3 배인형과 토오크 유동형 등 논클로킹(non-clogging) 펌프에 있어서는 국내에서 설계 능력, 제품의 범위, 성능 및 품질면에서 아직 개발 단계에 있는 것으로 생각된다. 물론 일부 기종에 대하여는 폐수, 오수처리장 및 분뇨 처리장 용도의 펌프가 중소 전문 제작자에 의하여 개발, 제작되어 왔으나 플러저 펌프나 프로그래싱 캐비티 펌프와 같은 특수 펌프에 대하여는 아직 제작의 경험이 없다.

그림 7은 하수처리장에 배치되는 펌프에 대한 예를 도시한 것이다.

### 5. 펌프의 사양

하수처리 시설에서 소요되는 펌프에 대한 사양의 예는 다음과 같다.

#### 예 1 제 1 펌프장 펌프

- 최대토출양정에서의 설계치(design duty at

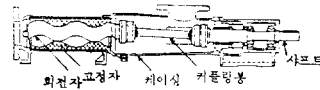


그림 4 프로그래싱 캐비티 펌프

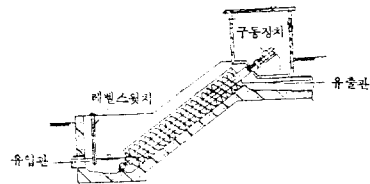


그림 5 스크류우 펌프

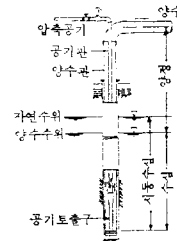


그림 6 에어리프트 펌프

하수처리장 펌프의 특성과 개선 방향

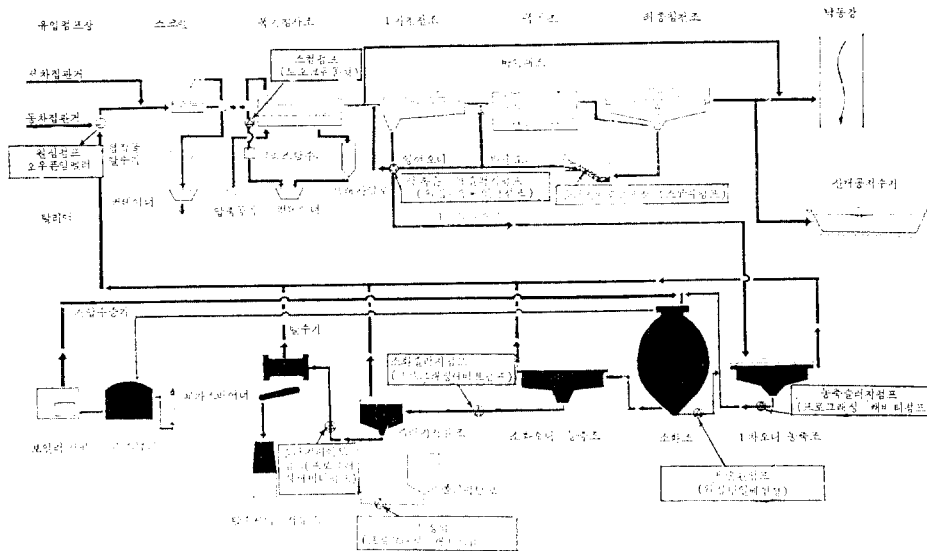


그림 7 하수처리장 펌프의 사용예

max delivery head)

- (1) 유량(discharge) : l/s
- (2) 동력(power at coupling) : kW
- (3) 최소효율(guaranteed minimum efficiency at coupling) : %
- (4) 최대 흡입양정(maximum satisfactory suction lift) : m(wh)

● 최소토출 양정에서의 설계치(duty at min delivery head)

- (1) 유량(discharge) : l/s
- (2) 동력(power at coupling) : kW
- (3) 효율(eficiency) : %
- (4) 최대흡입양정(maximum satisfactory suction lift) : m(wh)

최대효율(maximum efficiency) : %

최대효율에서의 유량(flow rate at maximum efficiency) : l/s

최대압력(maximum manometric pressure generated) : m(wh)

1년 또는 6000 시간 운전 후 최대토출양정에서의 최소 효율(guaranteed minimum efficiency at max delivery head after operation for 1 year or 6000 hours) : %

회전속도(speed) : rpm

예 2 유입펌프

윤활용수 유량 및 압력(quantity and pressure of lubrication water) : l/minx kg/cm<sup>2</sup>

재료(materials)

펌프 케이싱(pump casing)

임펠러(impeller)

구동축(driving shaft)

시이스(sheath)

배출칼럼(discharge column)

임펠러 형태(type of impeller)

효율(eficiency)

120% 배출(discharge) : %

100% " : %

80% " : %

60% " : %

40% " : %

20% " : %

양정(head)

120% 배출(discharge) : m

100% " : m

80% " : m

60% " : m

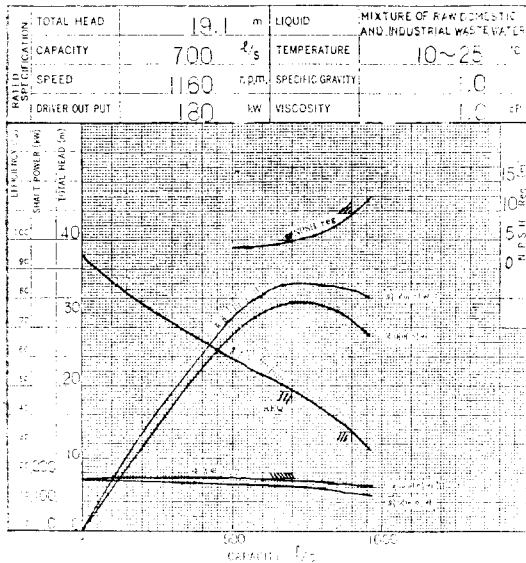
40% " : m

## ■ 資料

|                         |  |
|-------------------------|--|
| 20% 배출(discharge) : m   |  |
| 0% " : m                |  |
| 축동력 (shaft power)       |  |
| 120% 배출(discharge) : kW |  |
| 100% " : kW             |  |
| 80% " : kW              |  |
| 60% " : kW              |  |
| 40% " : kW              |  |
| 20% " : kW              |  |
| 0% " : kW               |  |

|  |   |
|--|---|
| 임시분류 (provisional itemizings)            | 검사규격 (inspection standards)   |
| 기계장치 (mechanical equipment)<br>펌프(pumps) | KS B 6301, 6302, 6304<br>6309, 6305, 6306<br>6308, 6307, 6303<br>6316, 6318, 6321<br>등등 |

예 3 펌프의 성능곡선



이상의 요구 사양에 대해 국내 제조회사가 만족스러운 사양을 제시하지 못하는 실정이며 성능, 품질상 특성곡선도에서 나타난 것과 같이 차이가 크을 볼 수 있다. 이는 종합 평가시 운전비용에 해당된다.

## 6. 맺음 말

하수 처리장에 사용되는 펌프는 앞의 예에서와 같이 엄격한 사양 및 성능 보장이 필요하므로 펌프의 효율이 높아야 하며, 실적에 의한 사양 제시, 엄격한 검사 제도 및 기준이 이루어져야 한다. 그러나 현재로서는 국내에서 실제 제작면에서 경험과 실적이 부족하나 앞으로 많은 하수처리장에서 펌프가 소요되며, 상수도용 펌프와 비교할 때 중소형의 경우에는 고가인 것을 감안하면 볼류트형(volute type)의 슬러지 펌프는 상수용 펌프에서의 경험을 바탕으로 기술 개발에 힘을 기울이고 전문제작자를 육성하여 기술 축적 및 적절한 설비가 구비되도록 하여 실질적인 품질보증이 이루어지도록 하여야 한다. 또한 특수펌프인 프로그래밍 캐비티 펌프나 스크류 펌프에 대하여는 경험이 부족하므로 프로그래밍 캐비티 펌프의 경우 로우터(rotor)와 스테이터(stator)를 수입하여 조립하거나 스크류 펌프의 경우 기술 제휴를 통한 기술 개발을 이룩하는 방법을 택할 수도 있을 것이다. 현재 중소제작소에서 일부 기종에 대하여 외국인에 의한 중소기업진흥공단 주관의 단기간 기술지도를 받고 있으나 이에 대한 기술개발을 위하여는 전문기관과 장기적인 기술협력과 기술양성에 대한 투자가 이루어지고 전문업체가 육성되어야 할 것이나 이로서 중요 설비인 펌프의 국산화가 조기에 달성되고 외화절약 및 기술정착이 이루어질 것이다.