

## 대구염색산업단지관리공단의 폐수처리현황 및 전망

최 장 승

### 1. 서 언

우리나라 섬유산업중 염색가공업은 국내수출 산업의 중요한 비중을 차지하고 있으나 1980년대 중반이후 임금상승과 저생산성 및 악성폐수의 발생으로 인하여 수출산업으로서의 주요 비중을 점점 상실되는 상황을 맞이하였으며, 후발 개도국의 기술수준 향상과 국내여건의 악화, 국제환경변화는 국내의 염색가공산업의 발전을 어렵게 하고 있고, 국내 염색가공산업의 경쟁력을 회복할 수 있는 방안은 생산성의 향상을 위한 고부가가치 제품 개발, 에너지 절감형 염색가공기술의 개발 및 에너지 절감형 폐수처리방안 등을 들 수 있다.

염색산업에서 환경과 관련된 에너지 절감형 염색가공기술로는 저욕비염색, 저온염색, 거품염색등과 같은 염색기술이 개발되어 염색가공산업의 효율성 향상 방안 노력은 어느 정도 해결되고 있으나 폐수처리에 관련된 각종 새로운 공정의 도입은 기존공정과 병행이 우선되어야 하며, 또한 각종 제한요소를 해결함으로써 염색가공산업에서 환경문제해결은 크게 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

이에 대구염색산업단지관리공단의 경우 경제 활동에서 발생할 수 있는 환경오염 동기 유발을 원천적으로 막기 위한 기반기술확립을 위하여 오염물질의 발생과 에너지, 원료, 물 등의 소비를 극소화할 수 있는 새로운 생산공정기술 및 기존 공정을 개선하려는 연구개발을 진행 중에 있으며, 본 원고에서 대구염색공업공단의 현황과 전망을 소개하고자 한다.

### 2. 대구염색산업단지관리공단 현황

#### 2.1. 단지현황

대구염색공업공단은 도시의 환경공해를 방지하기 위하여 대구시 내외에 산재해 있는 중소 염색업체 86개를 규합하여 입주 조성한 후 1980년 12월에 공동 폐수처리장을 준공하였다. 그 후 염색공단에 수용되지 않은 대구지역 염색가공업체들을 점진적으로 염색공단에 수용한 뒤 1988년 2차 증설공사를 시공하였고, 1991년 8월 유입원수의 고농도화와 폐수발생량의 증가로 인한 2차 화학처리시설을 확충하였고 집수기능 및 폭기시설의 증설을 추진하였으며, 1994년 12월 처리용량이 70,000 m<sup>3</sup>/day에 달하는 시설을 완공하여 현재에 이르고 있다.

본 공단은 염색가공업의 품질을 향상시켜 국제 경쟁력을 강화하고, 엄격해지는 환경규제와 2천년대를 대비하는 섬유산업 선진화를 위하여 폐수처리효율을 극대화하여 환경을 개선시키는 등의 연구노력을 끊임없이 경주하고 있다.

#### 2.2. 입주현황

대구염색산업단지관리공단에는 110개의 염색 관련 업체가 있다. 1차단지에 입주해 있는 업체들을 생산품목에 따른 업종별로 구분하면 폴리 에스테르 감량가공업체가 37개사로 가장 많은 41.8%를 차지하고 있으며, 면과 T/C업체는 11개사로 12.0%, 나일론관련업체는 17개사로 18.7%이다. 또한 날염 및 사염 관련업체는 각각 7.7%와 16.5%이고, 기타 업종 3개사로 구성되어 있다.

Treatment of Wastewater in Daegu Dyeing Complex / Jang Seung Choi

한국염색기술연구소 환경보전부 책임연구원, (703-010) 대구광역시 서구 평리동 404-7, Phone: 053)350-3720, Fax: 053)350-3888, E-mail: dyetec22@chollian.net

구 분	업 체 별	업 종 별		
		직 업	날 업	사 업
1 차단지	90	73	6	11
2 차단지	20	18	2	0
계	110	91	8	11

**2.3. 시설현황**

기종별 업종별	시 설 구 분				계
	염색기	날염기	폭출기	기타	
직업	1,269	88	160	997	2,512
날업	9	15	3	46	73
사업	260	0	1	124	385
계	1,536	103	164	1,167	2,970

**2.4. 고용현황**

구 분	직 업	날 업	사 업	계
업체수	110	91	8	11
남	5,989	267	348	6,604
여	2,866	64	110	3,040
계	8,855	331	458	9,644

**2.5. 생산실적**

업종	구분	단위	능력(연)	실 적
직업	날업	천야드	2,574,000	1,954,800
		톤	(49,000)	(33,000)
날업	사업	천야드	95,000	87,000
		톤	(49,000)	(33,600)
계	천야드 (톤)	2,669,000 (49,000)	2,041,800 (33,600)	

**3. 대구염색산업단지관리공단 폐수처리 현황**

**3.1. 폐수처리시설 개요**

대구염색산업단지관리공단 종합폐수는 수량이나 수질 및 오염부하량의 변동이 크고 염료, 계면활성제 및 각종 호제 등에 포함된 생물학적 난분해성 물질을 함유하고 있다. 특히 당 공단의 경우 폴리에스테르 염색가공이 특성화단지를 이루고 있어 disodium terephthalate(DST)와 에틸렌 글리콜(EG)을 함유하고 있어 더욱 난분해성 물질의 유입이 증가되고 있는 현실에 있고, 공단

설립과정에 수질변화를 예측하지 못한 관계로 많은 환경적 피해를 입었으며, 이에 대한 대처방안은 기존 공정을 활용한 공정개선이 2차에 걸쳐 진행되어 현재 70,000 m<sup>3</sup>/day, 140,000 kg-BOD/day 처리규모의 2단 활성오니공정이 확립되었다. 공정의 처리시설 개요는 다음과 같다.

시 설 명	수 량	용 량 (m <sup>3</sup> )
A-Step 집수조	1조	5,940
침강조	1조	4,808
폭기조	1조	24,464
1차침강지	2조	9,669
B-Step 집수조	1조	14,052
침강조	1조1	2,827
예비 폭기조	1조	14,000
폭기조	1조	48,677
최종침강지	3조	14,547
탈수처리능력	22대	550 m <sup>3</sup> /day

**3.2. 업종별 폐수특성**

본 공단의 경우 다양한 업종들로 이루어져 있어 생산활동 상에서 발생하는 폐수성상 또한 각기 다른 종류별로 폐수처리장에 유입되어 처리되고 있다. 폐수처리장으로 유입되고 있는 각 업종별 폐수의 유입 유량 및 업종별 폐수특성은 다음과 같다.

폴리에스테르 감량업체로부터 배출되는 폐수의 평균 BOD 및 COD<sub>Mn</sub>는 각각 3,112 mg/l와 1,042 mg/l이고, COD/BOD비는 0.34이며, 연평균 폐수 배출량은 약 28,740 m<sup>3</sup>/day이다. BOD 부하량은 89,429 kg/day로 공동폐수처리장으로 유입되는 전체 BOD 부하량의 약 83.1%를 차지하고 있으며, COD<sub>Mn</sub> 부하량은 29,936 kg/day로 약 66.5%이다. 이는 입주업체의 구성비 41.8%에 비해 부하량이 상당히 높은 편이다.

면 및 T/C업체의 연평균 폐수 배출량은 14,720 m<sup>3</sup>/day, 평균 BOD 및 COD<sub>Mn</sub>는 각각 885 mg/l와 676 mg/l이고, COD/BOD비는 0.76로서 폴리에스테르 감량가공공정에서 배출되는 폐수에 비해 COD/BOD비가 상대적으로 높다. BOD 부하량은 12,022 kg/day이고 COD<sub>Mn</sub> 부하량은 9,949 kg/

day로서 공단 폐수처리장 유입부하량에 대해 각각 12.1%와 22.1%이다.

나일론 관련업체의 연평균 폐수배출량은 약 5,762 m<sup>3</sup>/day, 평균 BOD 582 mg/l, 평균 COD<sub>Mn</sub> 376 mg/l이며, COD/BOD비는 0.65로 BOD가 차지하는 비율이 높았다. 또한 BOD 부하량은 3,354 kg/day로 전체 유입부하량의 약 3.1%, COD<sub>Mn</sub> 부하량은 2,167 kg/day로서 유입되는 전체 부하량의 4.8%로 입주업체 구성비 18.7%에 비해 BOD 및 COD<sub>Mn</sub> 부하량이 상당히 낮다.

기타 사업과 날염 관련업체의 COD/BOD비는 각각 0.92와 1.18이지만 본 공단 공동 폐수처리장에 미치는 영향은 그다지 많지 않다.

구분	폐수배출량	BOD	COD <sub>Mn</sub>
폴리에스테르	1,062,000톤/월	2,420	875
면	231,000톤/월	892	926
나일론	175,000톤/월	568	473
날염	38,000톤/월	1,139	1,041
사업	140,000톤/월	296	331

### 3.3. 공동폐수처리장 유입수 특성

본 공단의 유량 및 수질 특성은 유입 BOD 부하량은 평균 107,616 kg/day, COD<sub>Mn</sub> 부하량은 45,071 kg/day, 유량은 59,000 m<sup>3</sup>/day를 보여주고 있다.

**유입유량의 변화 :** 일반적으로 염색관련업종은 계절별 생산품목의 변화와 다양한 소비자의 욕구에 따른 생산 때문에 유량의 계절별, 월별, 요일별 변화가 상당히 큰 것으로 알려져 있다 (Figure 1과 2). 그래서 1월, 2월의 구정 연휴 기간과 7월, 8월의 하기 휴가 기간에는 유입유량이 급격히 감소되는 경향을 보이고 있다.

현재 대구염색산업단지관리공단의 유량 누적 분포는 50,000 m<sup>3</sup>/day~60,000 m<sup>3</sup>/day의 유입유량이 78% 정도이며, 평균 유입유량은 59,000 m<sup>3</sup>/day를 보여주고 있다.

**유입수질의 변화 :** 연평균 유입 BOD는 1,824 mg/l이고, 유입 BOD는 1,700~2,200 mg/l범위의 것이 대부분으로 BOD 누적 분포에서 연평균 부하량은 107,616 kg/day이며, 60,000~110,000 kg/

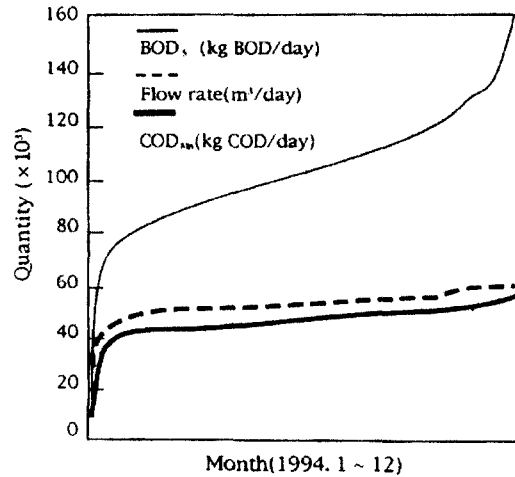


Figure 1. Cumulative loading of COD<sub>Mn</sub>, BOD and wastewater flow.

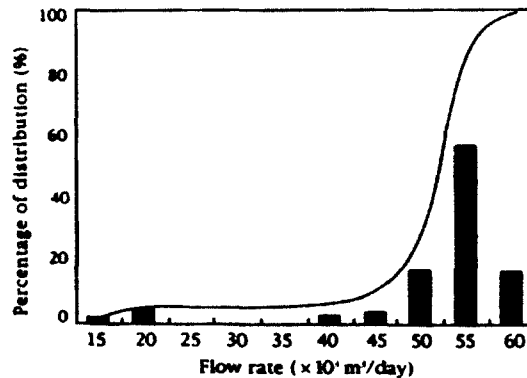


Figure 2. Flow rate variation.

day 범위가 81%를 차지하고 있다 (Figure 3과 4).

COD<sub>Mn</sub>의 유입평균농도는 760 mg/l이고, BOD 보다는 유입수의 변동폭이 상대적으로 작은 편에 속한다. 연평균 COD<sub>Mn</sub> 부하량은 45,017 kg/day이었으며, 전체적으로 40,000~55,000 kg/day 범위가 약 92%로 나타났다 (Figure 5와 6).

수온은 27~48 °C의 범위이며 평균 수온은 35 °C로 상당히 높았다. 특히 7, 8월의 경우 대기의 온도 상승에 의한 영향으로 40 °C를 초과하는 경우가 많고, 겨울철에도 수온이 27~28 °C로서 계절적인 변동이 많은 것으로 판단된다. 유입수의 pH는 11.6~12.9의 범위이며 평균 pH는 12.1이

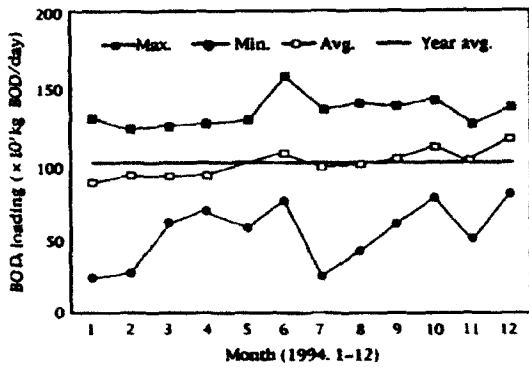


Figure 3. Variation of BOD loading in influent.

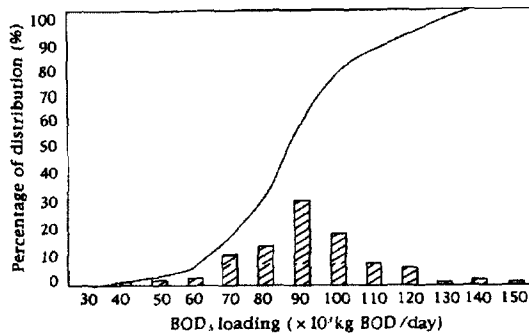


Figure 4. BOD loading variation.

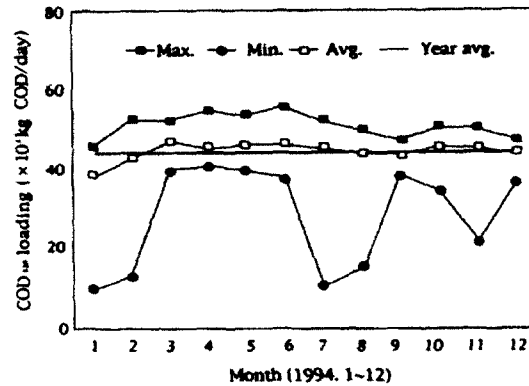


Figure 5. Variation of COD<sub>Mn</sub> loading in influent.

었다(Figure 7).

부유물질의 연간 변화폭은 40~150 mg/l의 범위를 갖고, 유입수의 연평균농도는 92 mg/l로 나타났다(Figure 8).

질소함량(total nitrogen)의 경우 봄과 가을이

섬유기술과 산업, 제 3 권 제 3/4 호 1999년

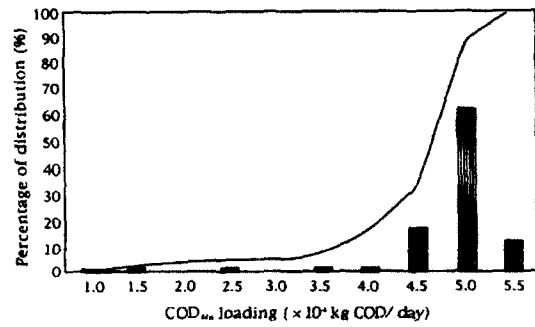


Figure 6. COD<sub>Mn</sub> loading variation.

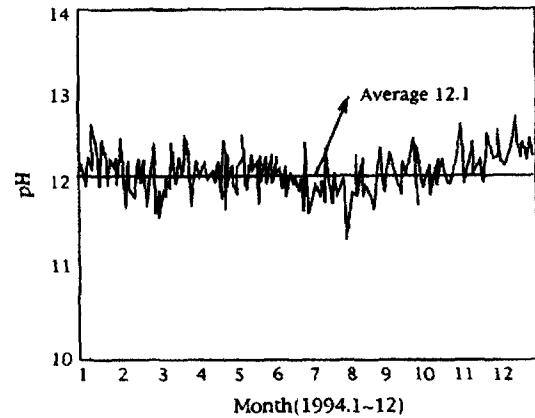


Figure 7. Variation of pH.

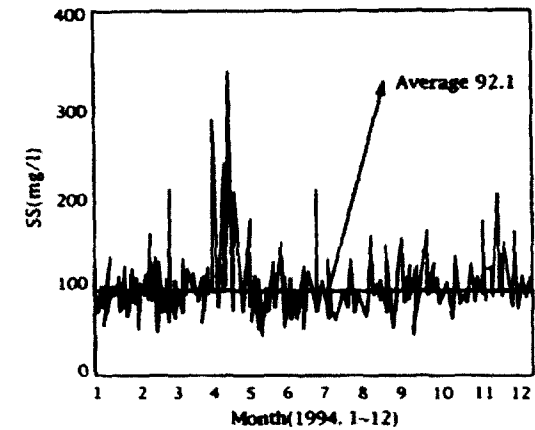


Figure 8. Variation of suspended solids.

상대적으로 높았고, 유입수의 연간농도는 40~200 mg/l의 범위로 평균 108 mg/l이며, 인함량(total phosphorous)의 경우는 연간 5~10 mg/l의

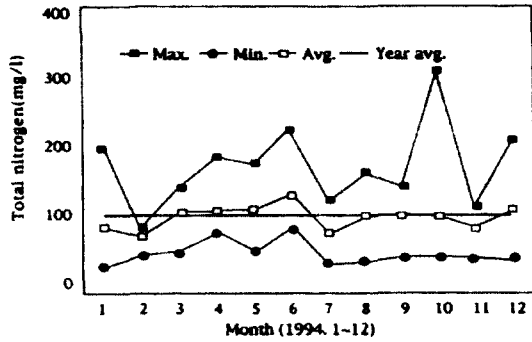


Figure 9. Variation of total nitrogen.

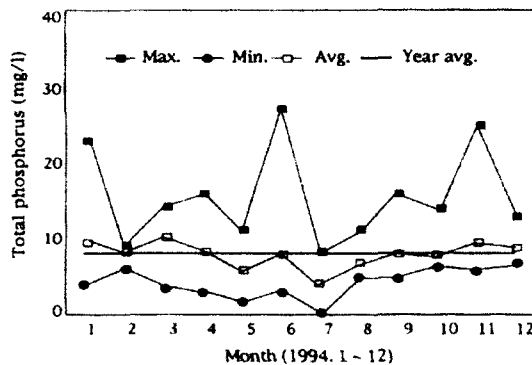


Figure 10. Variation of total phosphorus.

범위에 있고 평균농도는 8.2 mg/l이었다(Figure 9와 10).

#### 4. 대구염색산업단지관리공단의 향후 전망

##### 4.1. 전자빔가속기를 이용한 염색폐수처리기술

이것은 전자빔의 고에너지 화학적 반응을 이용한 화학적 처리기술로서 생물학적 처리의 전 공정에서 비생분해성 COD를 생분해성 COD로 전환시켜 주는 고급산화공정이다. 전자빔을 이용하여 난분해성 물질에 대한 생물학적 처리를 원활케 해줌으로써 안정한 폐수처리를 수행하는데 그 목적을 두고 염색산업단지관리공단에 1,000 m<sup>3</sup>/day 규모로 처리할 수 있는 1 MeV, 40 kW 용량의 전자빔가속기를 설치 운전 중에 있다 (Figure 11).

##### 4.2. 촉매를 이용한 고농도 감량폐수의 고차처리

촉매를 이용한 고농도 감량폐수의 고차처리의 목적은 감량가공후 발생되는 고농도 유기폐수를 발생원에서 효율적으로 처리하여 오염문제를 근원적으로 해결하는 것이며, 이는 환경에 투자되는 환경비용 절감형 폐수처리방법으로 폴리에스테르 염색업종의 생산성향상을 위하여 필요한 폐수처리공정이다.

촉매를 이용하여 폐수 및 슬러지류를 고도처리하는 기술인 촉매산화의 기본적인 원리는 고온·고압하에서 공기(산소)와 고체촉매를 이용한 습식산화처리를 행하는 것으로 종래의 처리법과 전혀 다른 고농도 오염성분에 효과적인 물리·화학적 수법에 기준한 분해기술이다(Figure 12). 조금 더 상세하게 설명하면 기체, 액체, 고체의 3상(phase)이 관련된 반응으로 기체-액체 및 액체-고체 사이의 물질전달 제약 현상 등이 중요시되고 있으며, 균일 반응기와 유사한 slurry형 반응기와 기체와 액체가 촉매층을 통과하는 충전층 반응기 및 trickle-bed 반응기가 많이 사용되고 있다.

산소와 유기화합물의 반응은 주로 액상의 bulk 부분에서 일어나는 것으로 보고되고 있으며, 관련된 공정단계를 요약하면 다음과 같다.

- 유기물질의 촉매에 흡착(adsorption of organic chemicals on catalyst)
- 산소의 흡착(adsorption of oxygen)
- 산소와 유기물질간의 반응(reaction between dissolved oxygen and organic chemicals)
- 반응의 종료(homogeneous and heterogeneous termination of reaction)
- 촉매의 재생(regeneration of catalyst)

습식산화반응은 기체산화반응과 모든 점에서 매우 다를 수 있지만 아직은 고체 촉매하에서 일어나는 기체산화반응에 대한 문헌을 참고로 하여 연구개발이 계속되고 있으며, 이 공정의 가장 핵심적인 부분은 촉매이기 때문에 거의 모든 연구가 촉매의 개발에 집중되고 있다. 촉매산화공정의 장점은 적절한 촉매의 적용을 통해 폐수의 수질을 차별화하고 약품을 사용치 않기 때문에 슬러지 발생이 되지 않는 점이다. 또한 tower형

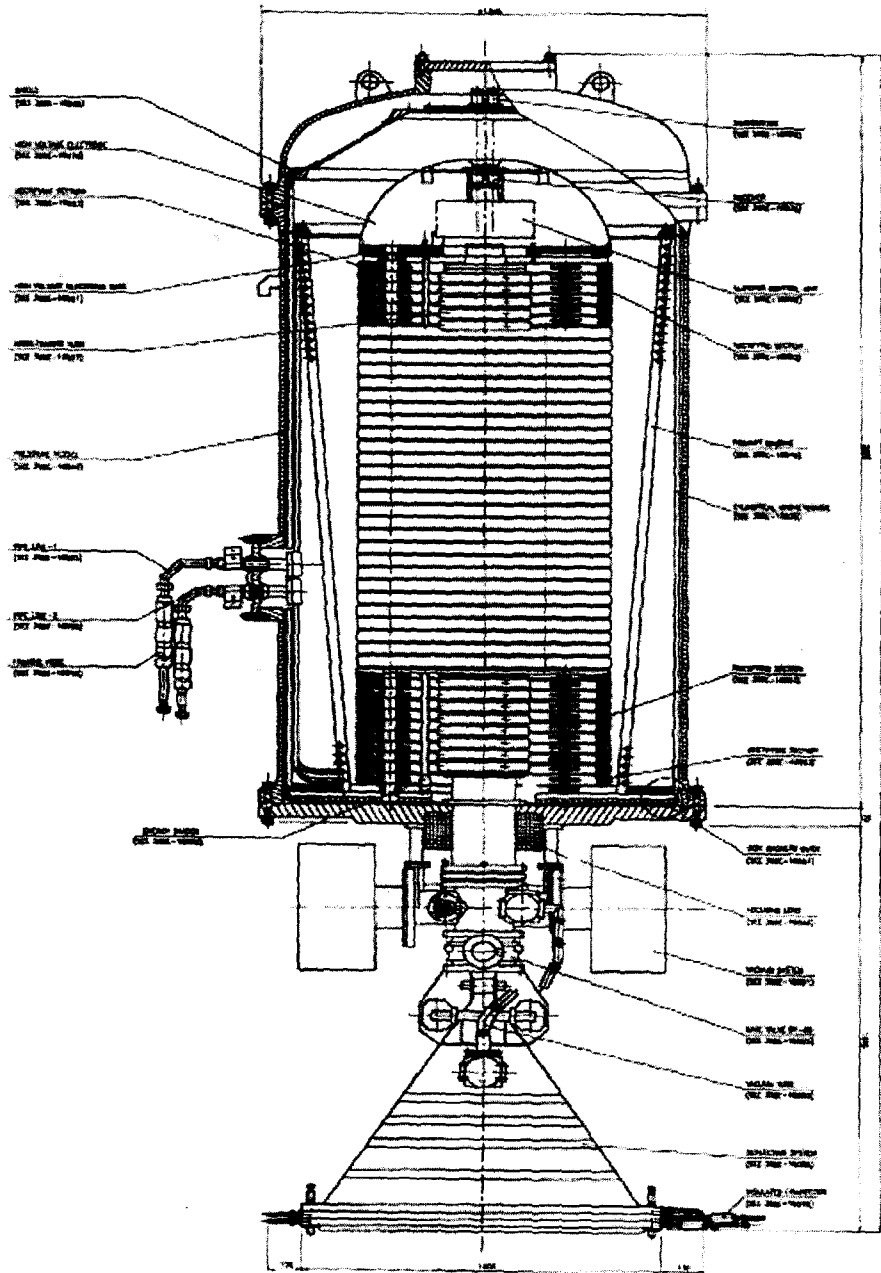


Figure 11. Schematic of electron beam accelerator process.

의 반응기를 이용하기 때문에 소요부지를 최소화할 수 있는 장점을 갖고 있다. 현재 반응의 장점을 활용할 경우 그 성공가능성은 매우 높을 것으로 기대된다.

#### 4.3. 대구 염색산업단지관리공단의 유용물질회수 및 재활용 공정

염색가공폐수로부터 호제, 약제, 염료의 회수 및 용수의 재활용 문제는 폐수처리의 경제성과

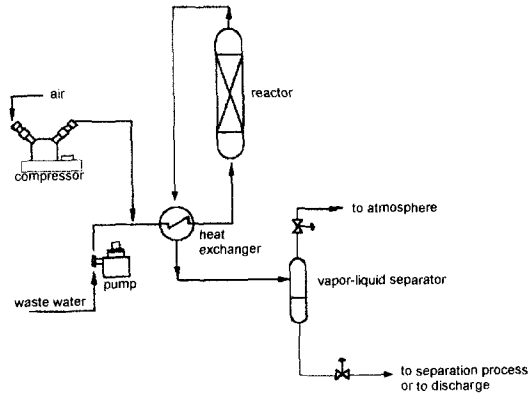


Figure 12. Schematic of wet air oxidation process.

효율성 향상에 직결되어 있기 때문에 폐수로부터 물질회수 및 재활용이 가능해질 경우 환경투자비용 상승 등의 문제점을 원천적으로 해결할 수 있게 된다. 특히 대구·경북지역의 폴리에스테르 염색가공업은 전국 총생산량의 60% 이상을 차지하고 있고, 염색가공과 관련한 국외 총수출의 70% 이상을 점하고 있으며, 이들 입주업체에서 배출하고 있는 감량폐수량은 4,360 m<sup>3</sup>/day에 달하고 있다. 폴리에스테르 감량업체에서 배출하고 있는 오염물질 부하량은 COD 32,686 kg/day, BOD 144,464 kg/day로 계산되며, 폐수 중에 함유된 재활용 성분이 되는 테레프탈산은 30 ton/day 규모로서 경제적으로 활용할 가치를 충분히 내포하고 있으나 감량업체들은 일부는 1차 처리후 해양투기 혹은 위생매립을 통한 최종처

분을 시행하고 있으며 농도가 비교적 낮은 2차 수세수는 거의 전량 폐수처리장으로 유입되고 있는 실정이다. 따라서 폐수 중의 테레프탈산을 회수하고 재활용하여 중저가의 용도를 개발하는 방안을 연구개발하고 있다.

## 5. 결 론

급속한 경제발전으로 생산활동의 다변화, 대량화, 화학적으로 안정한 약제의 개발로 인하여 산업폐수가 다양화되고 그 배출량이 증가하여 지표 수질 오염을 가중시키는데 반해, 화학적 및 생물학적 폐수처리 시설로는 처리된 방류수의 수질은 한계가 있고, 규제기준은 날로 강화되고 있지만 폐수처리 공정개선은 이를 따라가지 못하고 있는 실정이다.

당 공단의 경우 향후 배출부과방식을 개선·보완하여 정부에서 시행하고자 하는 총량규제에 신속히 대응하기 위하여 앞장에서 설명한 고급산화공정과 재활용공정 기술개발사업을 지난 몇년간 준비하고 있으며, 아직은 미흡한 실정이지만, 국내 염색가공업체의 경우 중소규모의 영세사업장이 많기 때문에 중소규모의 염색가공업체의 환경개선에 적합한 폐수처리기법을 다각도로 연구하여 효율성있고 경제적인 처리기술을 이들 업체에 공급할 향후 계획을 갖고 이를 추진 중에 있다.