

미곡종합처리장의 백 필터 집진기 유동설계 Flow Dynamic Design of Bag Filter Dust Collector of The Rice Processing Complex

윤승원

S. W. Youn (swyoun00@hanmail.net)

한국생산기술연구원(Korea Institute of Industrial Technology)

Key words : Rice Processing Complex, Bag Filter, Dust Collector, Flow Dynamic Design

1. 서론

미곡종합처리장(RPC: Rice Processing Complex)에서는 산지 반입에서부터 벼를 공동으로 처리하며, 선별, 계량, 품질검사, 건조, 저장, 도정을 거쳐 제품 출하와 판매, 부산물 처리에 이르기까지의 전 과정을 처리한다. 대단위 자동화 일괄 처리로, 건조 및 수송 비용이 34% 절감된다. 우리나라의 경우, 1991년에 최초의 RPC를 시범적으로 설치한 이래 2001년에 328개소를 설치하였다⁽¹⁾. 2006~2010년 RPC 시설 확충 비용으로 모두 8,485억 원을 투자하였다. 총 처리량은 1,000만 석으로 전국 쌀 생산량의 30%, 유통량의 40%에 해당한다.

RPC의 일반적인 공정은 아래와 같다.



Fig. 1: RPC 공정도

곡물 가공 과정에 발생하는 미립자를 제거하기 위한 집진시설은 환경 보호 측면에서 필수적으로 요구되는 공기 정화 장비이다. 2007~2008년에 건설된 CRPC에 대한 농림수산식품부, 한국식물연구소 및 단위기계 제작사 등이 수행한 종합평가에서 제기된 문제점은 ①단위기계의 성능 미비, ②과도한 동력 소모, ③비합리적인 집진 체계, ④시설 기준과 표준화 미비 등이다⁽²⁾.

집진기의 종류는 원통형 사이클론, 사각형 백 필터, 원통형 백필터(bag filter), 멀티 사이클론, 및 여과포 내장형 사이클론 등으로 다양하다.

종류별 분진 제거 성능 범위는 ①사이클론 2 μ m, ②스크리버 0.4 μ m, ③백필터 0.2 μ m, ④전기집진기 0.01 μ m이다. 현재 RPC에서는 주로 사이클론 방식을 사용하며, 사일로마다 각각 설치된 집진기에 함진 공기를 보내 집진한다. 통상 공기 유입 속도는 7~15m/s이다. 백 필터의 전처리 장치로서 사이클론 방식을 활용하면 여과포에 유입되는 먼지 농도를 낮추고 먼지를 털어 내리는 주기를 길게 할 수가 있어서 필터의 수명을 연장할 수가 있다.

본 연구는 벼를 가공하는 과정에서 발생하는 함진 가스를 백 필터 집진기의 여과포에 통과시켜 분진을 분리 포집하는 표면 여과 방식 백필터 집진기의 유동해석에 관한 것이다.

2. 백필터 집진기 설계

유동해석 대상 백 필터 집진기는 상단 및 하단의 2단 구조로 구성되어 있다. 상단과 하단을 결합하는 중간 판에 상단의 백 필터 12개 전체 단면적의 50%에 해당하는 면적을 여러 개의 작은 구멍을 분산하여 뚫어 놓았다. 상단 필터로 여과된 공기가 이 구멍으로 통하여 하단으로 이송되어 집진기 외부로 배출된다(Fig. 2).

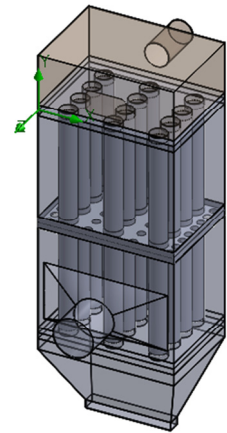


Fig. 2: 2단형 백 필터 집진기

3. 집진기 유동해석

본 RPC 집진기의 유동해석은 저속 기체로, 질량, 운동량 및 에너지의 보존 법칙의 이상적인 기체로 취급하였다. 주요 해석 변수는 다음과 같다.

- 25°C 공기의 비중 1.18kg/m³
- 함진 공기의 평균 유입 속도: 18m/s
- 백 필터 직경: 300mm
- 백 필터 여과 유효 길이: 1,850mm
- 백 필터 수량: 상단 12개, 하단 12개
- 백 필터 부직포 두께: 2.05mm
- 백 필터 부직포의 다공도(porosity): 0.5
- 공기 유입구의 정압: 전압 12,748~13,729Pa
- 백 필터 통과 압력 강하: 1,500~1,758Pa

백 필터의 총 여과면적은 41.85m²이며, 백 필터를 통과하는 공기의 최대 속도가 3.6m/min 일 때 공기 여과량은 150m³/min, 질량 유동은 2.95kg/s이다. 백 필터의 다공도 0.5, 공기 통과량 2.95kg/s, 통과율은 압력 강하 1,600Pa에 해당하는 0.001844kg/s/Pa을 적용하였다.

SolidWorks Flow Simulation 2011⁽³⁾로 해석하였다. 최종 해석 모델은 Fluid Cell 1,564,928개, Solid Cell 73,836개, Partial Cell 129,184개 등 모두 1,767,948개의 Cell로 구성하였다. 유동해석에 사용된 CPU 시간은 13,610초(3시간 47분)이다.

함진 공기가 집진기 상부의 관로로 유입되면 마주 보는 벽에 부딪혀 여러 방향으로 분산되면서 심한 난류 흐름이 된다. 집진기 내부 형상이 사각형으로 공기 흐름 분포가 고르게 되지 않아 다수의 필터에 고르게 배분되지 않는 현상으로, 일부 필터의 특정 부위에서 대부분의 공기가 통과되는 현상이 발생되어 집진기 효율이 낮다(Fig. 4 (a)). 집진기 내부로 유입된 공기가 벽면에 충돌 후 고르게 분산되어 각각의 필터에 고르게 유입되도록, 공기 유입구 맞은 면에 돌출 형상을 추가 배치하였다(Fig. 3).

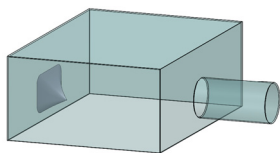
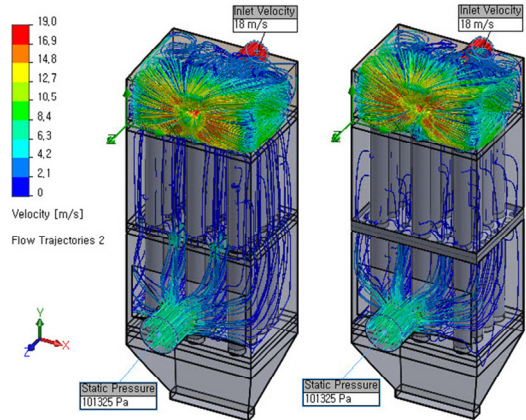


Fig. 3: 공기 흐름 분산용 돌출부

유동해석 결과를 Fig. 4에 보였다. Fig. 4를 보면, 돌출부가 없는 (a)에 비하여 돌출부가 있는 (b)가 백 필터 측면으로 배출되는 공기의 흐름 제적 분포가 향상된 결과를 보여 준다.



(a)돌출부 없는 집진기 (b)돌출부 있는 집진기

Fig. 4 집진기 내부의 유동 분포

4. 토론 및 결론

RPC의 집진기는 현미부, 백미부, 포장부 등의 여러 공정에서 유입되는 함진 공기를 다지관 집진 관로를 통하여 집진기에 유입시켜 분진을 집진한다.

RPC의 백 필터 방식 집진기의 유동해석 입력 조건과 해석 절차를 확립하였다. 집진기 내부로 유입되는 함진 공기가 맞은편 벽의 흐름 분산 돌출부의 영향으로 상부에 있는 다수 개의 백 필터에 고르게 유입되며, 그 결과 백 필터를 통과하는 공기 흐름 제적이 향상된 유동 해석 결과를 얻었다.

참고문헌

1. 에너지 절감형 RPC 가공공정모델 개발, 연구실적계획서(2차년도), 한국식품개발연구원, 2011. 02.
2. 미곡중합처리장(RPC) 지원체계 전면개편 방침, 국회도서관 입법정보연구원 배민식, 2007. 01.
3. An Introduction to SolidWorks Flow Simulation 2011, John E. Matsson, Schroff Development Corporation, 2011.