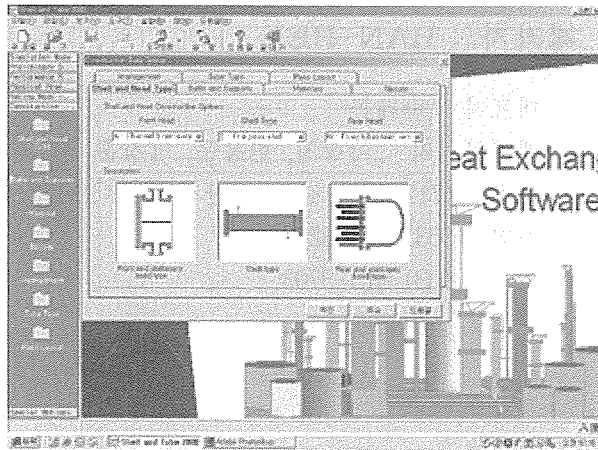


BAN-HEX 'STHEX'

유동해석법을 이용한 원통다관형 열교환기 설계 소프트웨어 개발

원통다관형 열교환기는 구조 및 형식에 따른 여러 가지 형태의 열교환기를 설계할 수 있는 장점이 있는 반면, 그 다양함으로 인하여 열교환기 설계에는 고도의 전문지식과 경험을 요구한다. 이런 문제를 해결하기 위하여 외국에서는 상용 소프트웨어를 개발하여 열교환기 설계에 응용



BAN-HEX 'STHEX'

하고 있다. 그러나 국내 중소기업에서는 외국 상용 소프트웨어의 높은 라이선스료로 인하여 쉽게 적용하지 못하고 있는 실정이다. 이에 BAN-HEX(대표 반태곤)의 'STHEX'는 에너지관리공단의 지원을 받아 국내 열교환기 시장의 설계 기술 확보와 환경 오염 및 에너지 절약을 목표로 영남대학교와 공동으로 원통다관형 열교환기 설계 소프트웨어를 개발하였다. 본 소프트웨어는 열교환기 최적 설계 기술, 물성치 예측, 설계 코드의 개발, 시각화 기술로 나눌 수 있다. 시뮬레이션 예측치에 대한 타당성 검토를 위하여 실제 동일한 열교환기에 대한 실험결과 비교분석 및 외국의 상용화된 소프트웨어와의 성능분석을 마쳤다. 그 결과를 바탕으로 소프트웨어에 대한 신뢰성을 확보하기 위하여 관련 학회에 논문을 발표하여 산업체와 연구소에서 좋은 호응을 보였다.

1. 작품명 : STHEX (원통다관형 열교환기 설계 프로그램)

2. 제작자 : BAN-HEX

대표자 : 반태곤

개발참여자 : 이상천, 한용운, 박정훈

주소 : (712-749) 경북 경산시 대동 214-1 영남대학교 기계관 327호

전화 : 053) 812-8214

팩스 : 053) 813-3703

email : tgban@ktp.or.kr

3. 설계 프로그램의 개요

원통다관형 열교환기는 가열, 냉각, 증발, 응축 등 모든 열전달과정에 적용할 수 있는 열교환기로 공조 및 냉동, 식품산업공정, 의약품공정, 화공공정, 석유정제 등 거의 모든 산업 플랜트에 사용되고 있으며 전체 산업공정용 열교환기의 70% 이상을 차지하고 있다. 원통다관형 열교환기 설계란 공정 조건에서 제작된 열교환기의 성능을 예측, 평가하는 모드와 반대로 주어진 열부하(Heat load)를 충족시키기 위하여 열교환기의 형태, 원통의 직경, 관의 직경, 관의 개수, 내부 유동등 설계와 관련된 많은 인자를 공정 조건에 가장 적합한 최적의 설계 자료를 제시하여 주는 크기 결정모드로 나뉘어 진다. 아래 그림에서는 관쪽으로 저온의 유체가 흐르고, 원통측에는 고온의 유체가 흐르면서 서로 열교환하는 원통다관형 열교환기의 대표적인 경우이다.

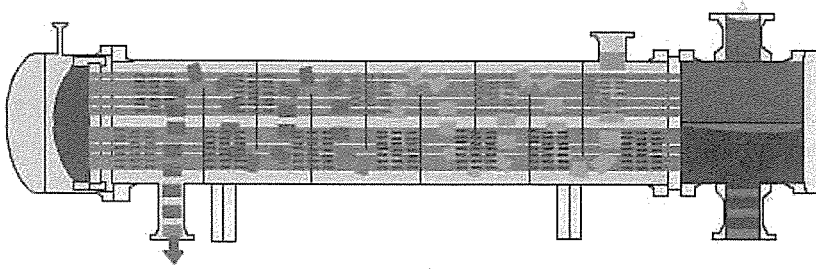


그림 1 원통다관형 열교환기 구조

3.1 개발 배경 및 의의

국내 열교환기 시장은 선진국과 비교하여 그 규모에 비하여 설계 기술이 제작 측면에서는 어느 정도 기술력을 유지하고 있지만, 기본설계에서는 아직까지 초보적인 수준에 머물고 있는 현실이다. 국내 열교환기 제조업체 특성상 대부분이 중소 영세업체로 이루어져 있으므로 거의가 경험에 의한 주먹구구식으로 제작되고 있는 실정이다. 그래서 BAN-HEX는 영남대학교와 공동으로 국내 중소 열교환기 제조업체의 설계 능력 향상을 목적으로 에너지관리공단의 지원을 받아 본 원통다관형 열교환기 설계 프로그램을 개발하였다.

본 프로그램의 개발을 통하여 얻는 이점은 다음과 같다.

- 국내 열교환기 설계에 필요한 성능평가 기초자료의 데이터 뱅크(Data bank)화를 통하여 최적의 설계방안 제시
- 설계 프로그램의 개발로 인하여 열교환기 설계에 필요한 열적 성능 및 압력 강하치의 정확도 향상
- 컴퓨터를 이용하므로 열교환기 설계에 소요되는 기간의 절약
- 계산 결과 정확성의 향상으로 기존의 초과 설계(Over-design)에 의한 열교환기의 용적과 제작비를 절감

결과적으로 정확한 열교환기의 기본설계를 통하여 초과 설계(Over-design)를 피할 수 있으며 이를 통한 에너지절약효과는 약 10%에 이르며 또한 열교환기의 제작비 절감효과를 거둘 수 있다.

3.2 국내외 관련기술 현황

국내 기술현황은 현재까지는 열전달에 대한 기초자료 확보와 단일 열교환기에 대한 성능 평가결과를 제공하고 있는 정도이며, 다양한 열교환기 설계를 위한 설계 데이터를 확보하지 못한 상황이다. 지난 몇 년 동안 열유체 응용 기기에 대한 설계 소프트웨어 개발이 이루어졌지만, 대부분 단일 열교환기 또는 특정 범위에 국한된 열교환기 설계 소프트웨어를 개발한 정도이다. 국외의 경우 1960년대부터 열교환기 제조업체들이 후원하는 사설 연구용역 기관인 HTRI를 시작으로 HTFS, THERMECH, B-JAC등이 열교환기 설계 소프트웨어를 개발하여 제품 판매하고 있으며, 그 동안 많은 열교환기 설계 기술을 축적한 것으로 보고되고 있다. 이들 소프트웨어는 모든 계산 범위 내에서 실제 계측되는 데이터를 예측하는데 오차 범위 $\pm 30\%$ 이내에 계산된 값이 80~90%이상이 되는 비교적 정확한 계산 결과를 나타내고 있다. 아래에 4대 상용 제품에 대한 기술 현황을 나타내었다.

개발 업체	개요
<p>HTRI (Heat Transfer Research Inc. U.S.A.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 계산의 결과는 열적 계산은 물론 기계적 설계에 대한 기초 자료출력 - 진동의 예측 가능 - 설계 도면을 프로그램내에서 작동할 수 없는 단점 - 계산의 신뢰도가 높음
<p>HTFS (Heat Transfer & Fluid Service, U.K.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 프로그램 구비 - 다양한 계산이 가능하고 도면까지도 계산의 결과로 출력 - 기계적인 설계자료가 계산 - 설계시 Control Factor가 적어 경험 자료를 많이 활용해야 하는 단점

THERMECH (Lumus, U.S.A.)	<ul style="list-style-type: none"> - 진동의 예측이 가능 - 열교환기의 가격을 산정하는 기능 - 세부적인 도면을 작성 - 다양한 기계 설계 코드를 선택사양으로 내장하여 기계적 설계에 적합
B-JAC (B-JAC, U.S.A.)	<ul style="list-style-type: none"> - 프로그램의 사용이 쉬움 - 각종 설계 도면의 작성이 용이 - 진동 예측이 가능 - 기계적 설계자료가 우수

3.3 설계 프로그램의 구성

원통다관형 열교환기는 아래와 같이 설계 기술, 물성치 예측, 설계 코드의 개발, 시각화 기술로 나눌 수 있다.

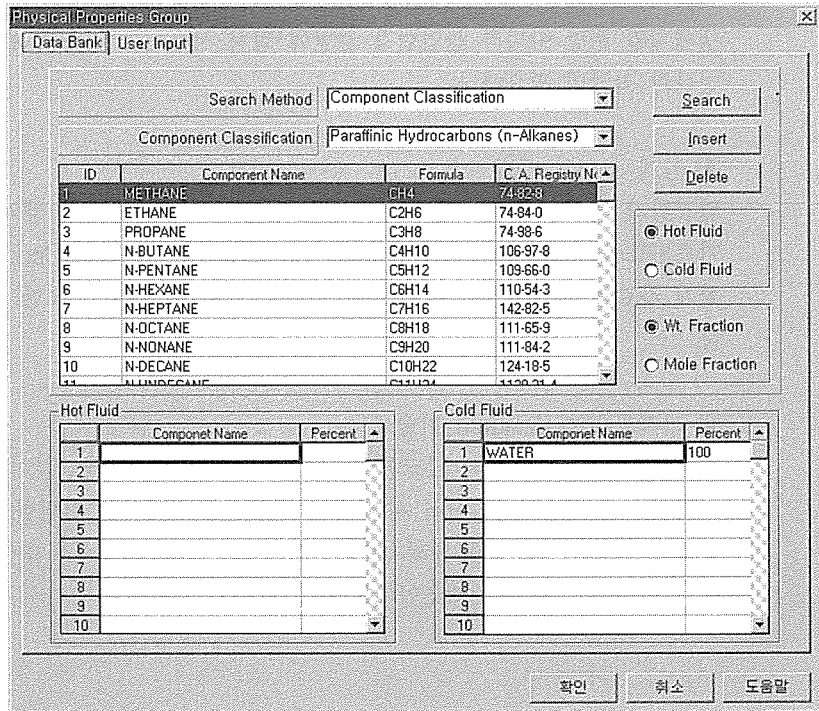


그림 2 작동 유체 선택 화면

■ 설계 기술

열교환기의 설계는 크기 결정(기하학인자 선택)과 성능 평가로 나누어지며 이를 위하여 LMTD법과 ϵ -NTU법을 사용한다. 이 방법에서 열교환량을 산정하기 위하여서는 원통측 및 관측의 열전달 및 압력강하 계산식이 제공되어야 하며 특히 열전달 촉진관을 사용할 경우 이들에 대한 기초자료를 확보하여야 한다. 원통측(Shell side)의 열전달 성능 및 압력강하치의 계산은 유동의 복잡성 때문에 매우 어려우며 이 계산의 정확도가 설계치에 미치는 영향이 크다. 이에 대한 계산방법으로는 Integral Method, Semi-Analysis Method, Analytical Method 등이 있으며 본 프로그램에서는 Analytical Method를 적용하였다.

■ 물성치(Property) 계산

열교환기 설계 소프트웨어는 시뮬레이션 과정 중에 작동유체의 온도 및 압력에 대한 영향과 액상, 기상, 포화영역을 포함하고 있기 때문에, 연속적인 시뮬레이션을 위하여 현재 열교환기에 적용되고 있는 작동유체에 대한 물성치를 전산화하여 서브함수(Sub function)로 개발하여야 하며, 작동유체는 물, 냉매계열 뿐만 아니라 산업현장 전반에 걸쳐 사용되는 다수의 유체에 대한 전산화 작업이 필요하다.

■ 설계 코드의 개발

열교환기 설계용 프로그램에는 적절한 입출력자료와 방대한 양의 성능평가 기초자료를 포함하는데 이를 데이터 베이스화 시켜 최적화(Optimization)된 설계 자료를 출력시키기 위한 프로그래밍 테크닉이 매우 중요한 구성요소이다.

■ 시각화(Visualization) 기술

기존에 개발된 대부분의 열교환기 설계 소프트웨어의 운영방식이 텍스트 모드형식으로 개발되어있어서 사용자가 이용하기 위해서는 상당한 교육을 요구하는 반면, 본 과제를 통해 개발된 설계 소프트웨어는 사용자가 운영하기 쉽게 만들어 국내 중소기업체에 적합한 프로그램이다.

3.4 설계 프로그램의 기능 및 특징

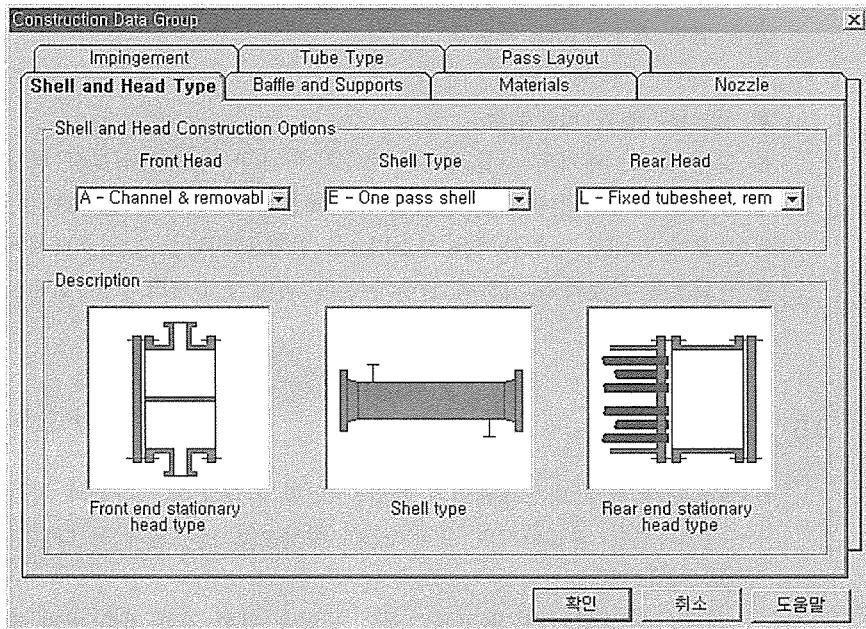


그림 3 원통과 헤드의 구조 선택 화면

▣ 시뮬레이션 해석 방법

열교환기의 입력자료가 주어졌을 때 열교환량을 계산하기 위하여 유동 해석 (Stream Analysis)법을 적용하여 원통측의 유동을 해석한다. 유동형태는 A, B, C, D, F 유동으로 나누어지며 각 유동에 대한 유량, 압력강하, 열전달계수에 미치는 영향을 고려한다.

▣ 그래픽 유저 인터페이스(Graphic User Interface) 기법

열교환기 설계 소프트웨어의 자료 입력 및 출력 값에 대한 사용자 인지도를 높이기 위하여 윈도우 운영체제의 강점인 GUI 방식을 채택하여 누구나 쉽게 설계 소프트웨어 사용이 가능하며, 이점은 특히 다른 상용화 제품과의 차별화하여 사용자가 운영하기 쉽도록 개발되었다.

▣ 설계식[경험식]의 확보 현황

원통다관형 열교환기 설계를 위한 원통측과 관측에서 발생하는 단상, 2상유동 열전달 및 압력강하해석을 위한 설계식을 지난 20여 년간 영남대학교 이상천 교수팀이 연구 수행을 통하여 상당부분 확보하였으며, 현재는 열전달 촉진법에 대한 성능평가 자료를 계속 축적하고 있는 중이며 앞으로도 이 부분에 대한 기초자료를 확보할 것이다.

▣ 성능평가결과 비교분석

본 설계 소프트웨어의 시뮬레이션 예측치에 대한 타당성 검토를 위하여 실제 동일한 열교환기에 대한 실험결과 비교분석 및 외국의 상용화된 소프트웨어 결과에 대한 성능분석을 마쳤다. 그 결과를 바탕으로 소프트웨어에 대한 신뢰성을 확보하기 위하여 관련 논문을 이미 한국에너지공학회에 투고하였다.

3.5 기대 효과

본 열교환기 설계 소프트웨어의 개발로 인한 기대효과는 다음과 같다.

- 원통다관형 열교환기의 설계기술의 향상으로 환경분야 등 다양한 용도로 사용 가능.
- 외국의 열교환기 설계 프로그램의 구입을 위한 외화 지출 방지 및 수출로 인한 외화획득 가능
- 열교환기 설계시간의 감소로 열교환기 생산성의 증대
- 열교환기 설계에 필요한 인력 절감 효과
- 정확한 설계에 의한 열교환기의 체적과 재료의 절감등을 통한 제작비를 절감

3.6 설계 프로그램의 활용분야

본 기술의 개발로 인한 활용분야는 산업현장의 원통다관형 열교환기 전 분야에 응용될 수 있으며 일반적으로 열교환기 설계 소프트웨어의 응용분야를 서술하면 다음과 같다.

- LNG 냉열활용을 위한 원통다관형 열교환기
- 폐열회수를 위한 열교환기

- 산업용 또는 가정용 보일러에서의 온수 발생장치
- Power plant에서의 열교환기
- 화학공정, 식품공정 등에 사용되는 공정용 열교환기

4. 개발단계별 기간 및 투입인원수

개발단계	개발시간	인원	비고
국내 열교환기 시장 조사	00. 1. ~ 00. 2.	2	국내 중소제조업체 특성 파악
관내측 열전달 및 압력강하 해석	00. 3 ~ 00. 5.	3	관내측 열전달 및 압력강하 성능평가 기초자료 정리, 확보
원통측 열전달 및 압력강하 해석	00. 8. ~ 01. 6.	3	유동 해석(Stream analysis) 법에 따른 원통측 열전달 및 압력강하 해석
공정용 유체 물성치 프로그램 개발	00. 8. ~ 01. 9.	5	물, 냉매등 물성치 전산화
설계 프로그램 코드 개발	00. 6. ~ 01. 9.	3	
설계 프로그램 성능 평가	01. 9. ~ 01. 10.	2	Process 공정상의 열교환기 성능평가 자료 확보 및 성능비교 분석, 외국 상용 프로그램과 성능 비교 분석
계	22개월		

5. 사용 또는 개발언어, TOOL

- Microsoft Visual Studio 6.0
- Visual Basic 6.0

6. 사용시스템

사용OS	Microsoft Windows 98 이상,(NT추천)
CPU	펜티엄 II 200MHz 이상
모니터	15인치 이상
메모리	128MB 이상
HDD	300MB 이상