

공작기계 절삭유 냉각용 오일쿨러 설계 자동화

권혁홍*, 조동현*, 박용일*

Oil Cooler Design Automation on the Cooling of Machine Tool Cutting Oil

H. H. Kwon*, D. H. Cho*, Y. I. Park*

Abstract

The automatic design of shell & tube type oil cooler can be used in real industrial environments. Since the automatic design system is intended to be used in small companies, it is designed to be operated well under environments of CAD package in the personal computer. It has adopted GUI in design system, and has employed DCL language. Design parameters to be considered in the design stage of shell and tube type oil cooler are type of oil cooler, outer diameter, thickness, length of tube, tube arrangement, tube pitch, flow rate, inlet and outlet temperature, physical properties, premissive pressure loss on both sides, type of baffle plate, baffle plate cutting ratio, clearance between baffle plate outer diameter and shell inner diameter and clearance between baffle plate holes.

As a result, the automatic design system of shell & tube type oil cooler is constructed by the environment of CAD software using LISP. We have built database of design data for various kinds of shell & tube type oil coolers. The automatic design system have been assessed and compared with existing specification of design. Good agreement with Handbook of heat exchanger and design data of real industrial environments has been found.

Keywords : Shell & Tube Type Heat Exchanger(원통다관형 열교환기), Automatic Design(자동화 설계), Overall Heat Transfer Coefficient(총전열계수), DCL(Dialog Control Language:대화상자조정 언어), LISP(LISt Processor or LISt Programming), GUI(Graphic User Interface)

* 대전대학교 기계설계공학과, 생산기술연구소

1. 서 론

열교환기에 대한 해석방법은 대부분 유체의 흐름을 단상유동으로 가정하여 수행되어 왔으며, 수많은 실험을 통하여 검증되면서 이론적으로 완성도가 높은 설계방법이 만들어져 왔다. 이러한 방법들은 대표적으로 Integral법과 Analysis법으로 나눌 수 있는데, 먼저 Integral법은 단순히 하나의 보정계수를 이용하여 열전달 및 압력강하치를 예상하는 방법으로 Kern⁽¹⁾이 제안한 것이 대표적인 방법이다. 한편 Analysis법은 Tinker⁽²⁾의 이론을 기초로 배플 주위에 형성되는 유동해석을 통한 열전달 계수와 압력강하치를 산출하는 Stream analysis법과 유동분포를 나타내는 인자들에 대한 교정계수를 도입하는 Semi-analysis법으로 나눌 수 있다⁽³⁻⁵⁾. 이러한 열교환기에 대한 해석이론은 그 계산량이 방대하고 여러 가지 설계조건이 복합되어 수행되어야 하므로 전산기술의 발달과 함께 열교환기 해석에 대한 신뢰성 있는 결과를 계산해내는 HTRI(Heat Transfer Research Inc.)나 FFHTS (Fluid Flow and Heat Transfer Service)같은 프로그램도 개발되어 현재 사용 중에 있다. 본 연구에서는 Analysis법을 도입하여 Shell & Tube형 Oil Cooler에 대한 설계과정을 정립하고, 이를 CAD환경에서 LISP을 이용하여 프로그램화함으로써 저비용 고효율의 설계자동화 시스템을 구축하고자 한다. 그리고 다양한 형상의 Shell & Tube형 Oil Cooler에 대하여 설계자료 및 형상데이터를 데이터베이스화하여 프로그램에서 사용하고자 한다.

2. 설계자동화 시스템의 구성

Fig. 1은 Shell & Tube형 Oil Cooler에 대한 개략도이고, Fig. 2는 이와 같은 Oil Cooler를 설계자동화 시스템으로 처리하기 위한 순서도이다.

전체적인 프로그램의 구성개념은 '확장성'과 '유동성'에 기본을 두고 설계하였다. 이러한 이유는 열교환기 제작에 있어서 여러가지 제약조건이 많은 이유와 이에 앞선 설계과정에서도 단순한 한가지 과정으로 모든 종류의 열교환기에 적용할 수가 없다는 이론적인 배경에서 나온 것이다.

따라서 본 시스템에서는 우선적으로 많은 수요가 있고 공학적인 해석이 비교적 용이한 열교환기 형식을 선택하였으며, 그 외 형식들과의 공통점과 상이한 점을 파악하여 이를 모듈화하여 정리하는 작업을 선행하였다. 이러한 이유는 개발된 시스템의 신뢰도가 인정되었을 경우 제외된 다른 부분에까지 확장할 수 있는 가능성을 부여하기 위해서 전체적인 시스템을 모듈별로 구성한 것이다. 관의 형식은 Straight type 이외의 나머지 Low-fin type과 Rolling type, 그리고 관의 재질에 있어서도 강과 스테인레스까지 해당 모듈을 마련하여, 이 후에 추가되는 설계이론을 프로그램화하여 본 시스템에 접목시키는데 어려움이 없도록 하였다.

시스템의 구현에 있어서 요구되는 기능은 사용자와의 인터페이스를 하기 위한 대화상자의 구현기능과 입력된 사용자의 요구사항에 따라 단계별로 계산을 수행하는 기능, 그리고 필요에 따라 기존의 정보를 이용할 수 있도록 사전에 구축된 데이터 베이스에서의 자료 호출기능, 계산

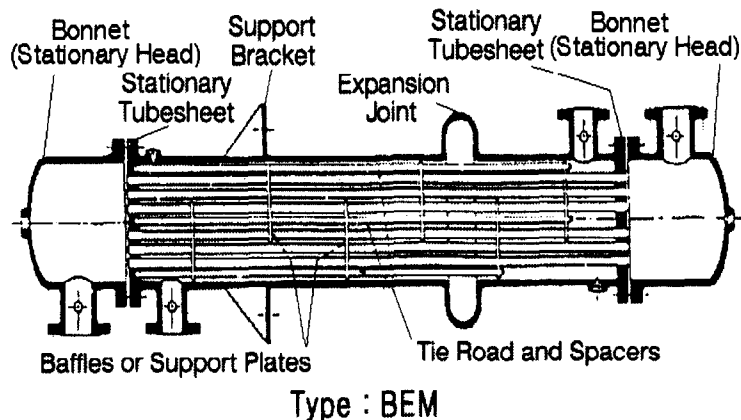


Fig. 1 Shell & tube형 oil cooler

된 설계사양에 맞는 도면을 작성하여 출력하는 기능, 인터프리터형 언어의 단점을 보완하기 위한 사전 점검기능 등 5개의 모듈로 나눌 수 있다.

단계로 분리하여 각 단계에 해당하는 대화상자를 구성하였으며, 이들을 제어하는 주 대화상자(Main Dialog Box)를 시스템의 초기화면으로 나타나도록 하였다. 또한

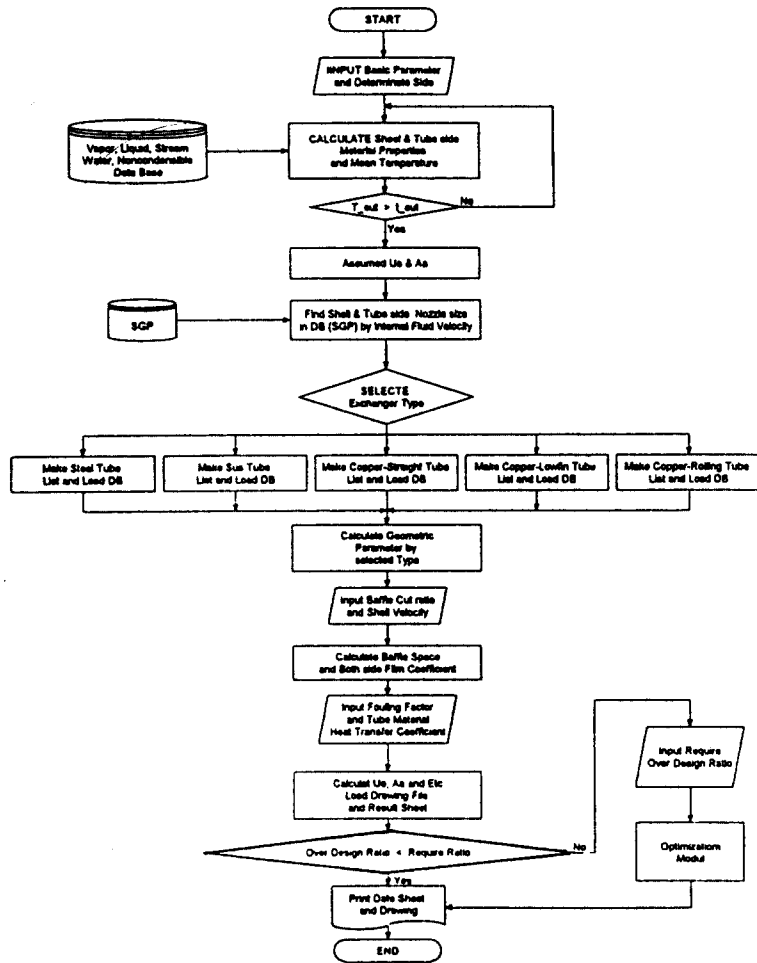


Fig. 2 Flow chart of the shell & tube heat exchanger design program

2.1 대화상자의 구현

대화상자의 구현기능을 위해서는 AutoCAD가 지원하는 DCL⁽⁶⁾을 사용하여 기본대화상자 및 기타 메시지상자를 구성하였다. 기본대화상자는 크게 4부분으로 나뉘어 지는데, 전체 설계 과정을 계산량과 연관성을 기준으로 3

각각의 스텝(Step)별로 필요에 의해 그 하위 단계의 계산 및 입력을 돕기 위한 대화상자를 따로 마련하여 전체적인 시스템의 진행이 대화상자를 통해 일괄 처리 되도록 구성하였다. 대화상자를 사용한 이유는 설계도중에 있을 수 있는 각종 오류나 입력의 실수 등을 쉽게 처리할 수 있도록 하기 위함이 그 첫 번째 목적이었으며, 두 번째로는 비전

문가라도 시스템이 유도하는 각 스텝별로 설계를 해나가면 무리없이 원하는 열교환기를 설계할 수 있도록 하기 위함이다.

Fig. 3은 전체적인 구성을 프로그램 원시파일과 대화상자를 구현하는 DCL 파일과의 데이터 전송방식을 위주로 나타내고 있다.

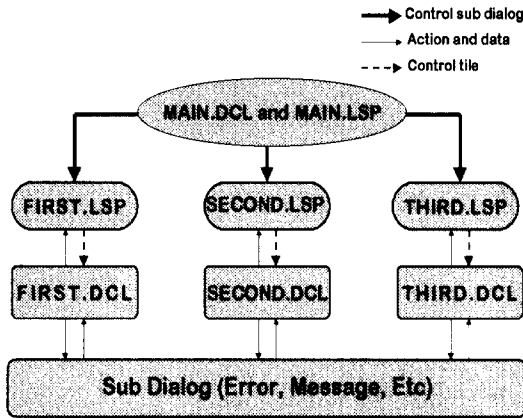
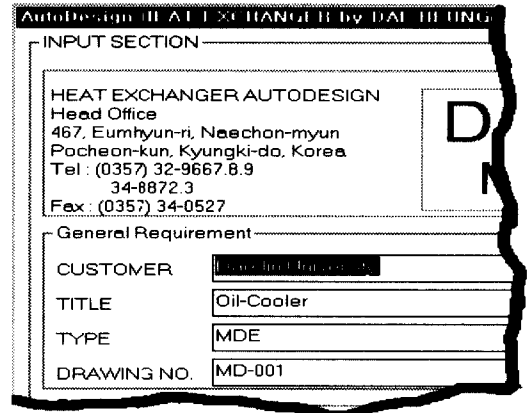


Fig. 3 Overall structure of the heat exchanger design system

대화상자를 구현해 내는 DCL 언어는 보통의 프로그램 언어와는 다소 차이는 있지만 대화상자의 구성요소(Tile)에 대한 각종 정보교환과 조정을 위해 'Key Name'이라는 일반적인 변수사용의 개념을 통해 LISP코드와 통화할 수 있다.⁽⁷⁻⁸⁾

대화상자 내에서 입력된 모든 종류의 값을 우선적으로 'Key Name'에 저장할 시킨 후 LISP의 DCL 조정 부분에서 이러한 값들을 목적에 맞게 처리하여 사용하게 된다.

Fig. 4에 보이는 그림과 코드는 DCL로 구성된 문자열 입력 부분의 코드 및 실제모습을 나타내고 있다. Fig. 4의 좌측에 보여지는 그림은 개발된 시스템의 MAIN.DCL과 그 실제 모습의 일부분인데, 우측의 코드 부분에서 보는 바와 같이 첫 행은 LISP으로부터 호출이 되었을 경우 다른 대화상자와의 구분을 위해 사용되는 대화상자 이름(Dialog Name)이 정의되어 있다. 그 아래서부터 기호 ':'으로 시작되는 타일들이 정의되고 있는데, edit_box로 시작되어진 타일에 대한 속성들의 정의가 { } 사이에 들어가 있는 것을 볼 수 있다.



```
main:dialog{
  label = "AutoDesign HEAT
           EXCHANGER";
  :boxed_column{
    label = "General Requirement";
    :edit_box{
      label = "CUSTOMER";
      key = "in_cu";
      edit_width = 38;
    }
    :edit_box{
      label = "TITLE";
      key = "in_title";
      edit_width = 38;
    }
    .
    .
  }
  ok_cancel:
}
```

Fig. 4 Running example of MAIN.DCL (Left figure shows some part of source code)

다음은 LISP내에서 대화상자의 호출과 'Key Name'에 의해 정의된 변수에 들어오는 값을 처리하고, 이 값을 본 프로그램에서 응용하도록 하는 LISP 코드의 가장 중요한 부분을 나타낸 것이다.

```
(setq dcl_id (load_dialog "DCL FILE NAME"))
(if (not (new_dialog "DIALOG NAME")) (exit))
(action_tile "Key Name" "(Function of LISP)"))
```

위의 LISP 코드 1행과 2행에서 보는 바와 같이 모든 대화상자는 load_dialog 함수에 의해 호출 될 때 정의된 반환값을 가지게 된다. LISP에서는 이것을 확인하는 절차를 수행하여 불러들여진 대화상자와 호출한 대화상자의 일치여부를 검사하게 된다. 각각의 타일은 위의 3행과 같은 형식으로 그 기능을 정의 받게 되는데, 활성화된 타일에 대한 사용자의 입력이 생기게 되면 함수 (action_tile)에서 정의한 변수에 우선 입력이 되고, 동시에 필요한 형식으로의 변환과 "()"와 같은 LISP형태의 함수의 수행도 가능하게 된다.

이러한 과정을 통해서 각 스텝은 필요한 설계 입력사항을 받아들이도록 하였으며, 사용자가 정해진 스텝에 따라 진행되는 것을 유도하는 장치로써 각 대화상자 별로 수행 변수를 지정하였다. 만약 첫 번째 단계를 거치지 않고 두 번째 또는 세 번째 단계의 수행을 시도하려 할 때, 이 변수에 저장된 값을 판단하여 메시지를 내 보내도록 구성하였다. 그러나 일단 모든 스텝에 대한 입력과 계산이 완료된 경우에는 기 입력된 사항의 수정을 위해서 각 스텝은 순서에 관계없이 진행 할 수 있으며 내용수정이 가능하도록 하였다.

2.2 단계별 계산

새로이 정립된 설계 과정은 총괄전열계수, 원통 및 관측 노즐내의 유속, 원통내의 유속 등 모두 4가지의 설계가정치를 입력받아 진행된다. 일단 앞선 입력사항에 대한 계산이 수행이 되면 다음 단계에서 필요한 제한조건을 수립하게 된다.

경험적 설계 가정치에 대한 점검은 반드시 다음 단계의 계산에서 이루어지게 되며, 만약 입력값이 일정 범위를 넘거나, 다른 인자들에 미치는 영향을 판단해 볼 때 오류를 발생할 가능성이 있는 수치일 경우에는 메시지를 내보내어 오류를 정확히 판단할 수 있도록 하였다.

2.2.1 냉각수의 출구온도와 유량

총전열계수, 원통측과 관측의 노즐내의 유속, 원통측의

유속 등 4가지의 가정치 이외에도 설계자는 경험적으로 판단하여야 할 부분이 있는데, 그 첫 번째로는 냉각수의 출구온도이다.

열교환기의 효율이 100%라면 냉각수와 작동유체의 출구온도를 같게 설정하면 되지만 실제로는 그 이하의 효율이 된다. 따라서 작동유체의 정해진 입·출구 온도와 냉각수의 입구온도를 가지고 냉각수의 출구온도를 결정하여야 한다. 그러나 냉각수의 출구온도를 구하는데 있어서 고려되어야 할 사항이 있는데 바로 냉각수의 유량이다. 냉각수의 유량을 주어진 조건에 맞게 흐르도록 조절하게 되면 출구온도가 적절치 않게 되며, 반대로 온도를 너무 높게 설정하면 냉각수량이 적정치 보다 많게 되므로 이를 동시에 만족하는 계산 모듈을 구성하였다.

시스템은 Slide_Bar와 Text_Box를 사용하여 한 쪽 변수의 변동에 따른 다른 쪽 변수의 변동값을 동시에 출력해 줌으로써, 한번에 온도와 유량의 적정치를 결정하도록 하였다.

2.2.2 오차율 수정 모듈

첫 번째 루틴이 진행되면서 설계자가 가정한 값이나 경험적으로 판단하여 결정하는 값들 중에서, 두 번째 루틴부터는 재정의 될 필요가 있는 인자들만 추출하여 새로운 설계식을 수립하였다^(9,10). 개발된 시스템은 이를 토대로 만들어진 모듈을 이용하여 오차율을 수정하게 되는데, 그 결과 계산시간의 단축을 가져오게 되었다.

2.3 설계 데이터베이스의 활용

열교환기에서 사용되는 유체는 크게 5가지 종류로 대별된다. 원통측과 관측으로 나누어 구성된 List_box에서 하나의 유체가 선택되어 지면, 시스템은 해당 데이터 파일을 불러들여 기준값에 의해 물성치들을 결정한다. 이때 구하고자 하는 기준값과 데이터베이스 내에 있는 값(물성치의 경우 평균온도)들이 서로 일치하지 않는 경우에는 기준값이 들어가는 구간을 찾아내어 한 단계 큰 값과 작은 값을 구하여 보간법으로서 필요한 물성치를 계산해 낸다.

2.4 도면파일 생성

열교환기를 분류하는 방식은 여러가지가 있을 수 있다. 헤드의 형식과 원통의 형태 그리고 배플의 형태에 따라 분류될 수도 있으며, 각각의 경우 노즐의 형태, 하우징의

크기, Tube Sheet의 형태등에 따라서도 다시 분류될 수 있다. 따라서 모든 열교환기를 종류별로 나열한다는 것은 엄청난 시간과 노력이 필요하다. 가장 기본적인 형식이면서 수요가 많은 형식을 선택한 다음, 우선 하우징의 지름 3인치에서 10인치까지의 범위 내에서 각각 Straight, Low-fin, Rolling의 관의 형식으로 나누고, 다시 원통측 노즐의 종류를 Socket과 Flange로 구별하여 나눈 다음 Pass수를 1, 2, 4 Pass가 가장 널리 이용되고 있다고 판단하여 3가지로 나누었다. 다시 Tube Sheet가 고정형인지 분리형인지를 구분하여 열교환기의 종류를 새롭게 구분하였다. Fig. 5은 이러한 구분구조를 나타내고 있다.

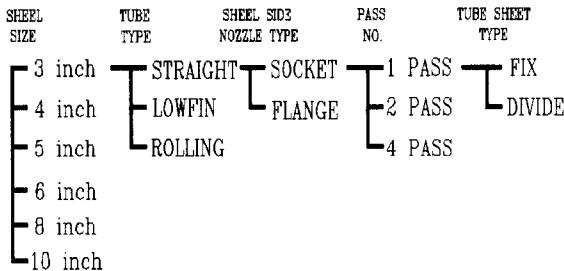


Fig. 5 Heat exchanger represented in the form of tree structure

이러한 구분에 따라 나열한 하우징의 지름 3인치에서 10 인치사이에 들어있는 열교환기 종류만 하여도 모두 216가지가 된다. 하지만 규격화된 자재를 사용하는 이유로 모든 종류의 열교환기가 제작 될 수 없는 것이고, 설계 과정에서 수치상의 이유로 설계 될 수 없는 열교환기 종류가 있게 된다. 이러한 요인들을 제외하고 남은 고정형(Fixed type) 열교환기는 모두 113가지가 나올 수 있게 되며, 이 모든 경우의 도면을 찾아내어 데이터 베이스화 작업을 수행하였다. 도면 파일의 이름은 프로그램에서 사용될 수 있도록 일관성 있게 부여하였으며, 그 한가지 예를 아래 Fig. 6에 보이고 있다.

총진열계수와 압력강하치가 설계조건에 적합하게 계산이 된 후에는, 도면 작성에 필요한 인자들로 구성된 파일 이름이 생성된다. 생성된 이름과 일치하는 도면파일을 도면 데이터베이스에서 불러오고, 제작에 필요한 형상치수와 재질 등을 각각 해당 치수란과 부품표에 넣어주게 된다.

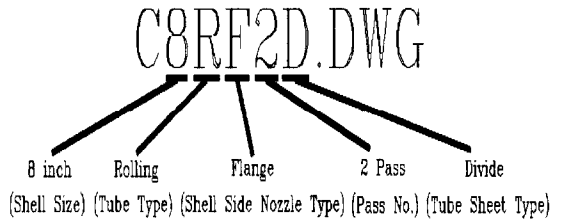


Fig. 6 Drawing files

3. 프로그램 개발

3.1 환경설정 및 초기화면

본 시스템을 구동시키기 위해서는 몇 가지 환경설정을 사전에 해주어야 한다. 이는 개발된 프로그램이 AutoCAD의 3rd Party 프로그램 개발 개념으로 설계되었다.

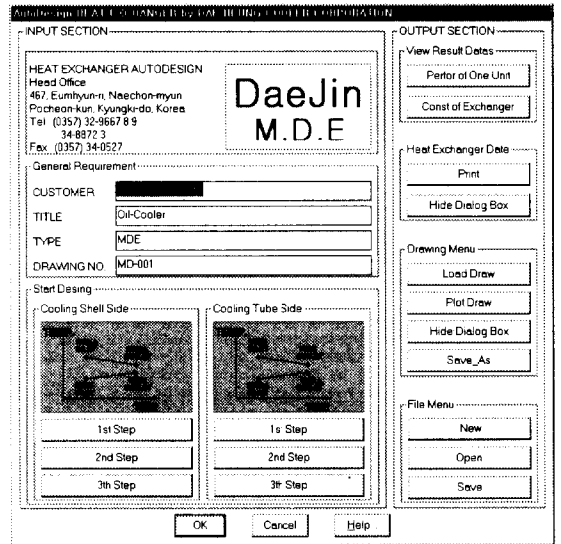


Fig. 7 Form of starting design process

AutoCAD의 환경변수를 지정하는데 있어서 기존에 사용하고 있는 자동실행파일(acad.bat)을 수정해서 사용해야 한다. AutoCAD가 처음 실행 시에 찾는 SET변수 지정 부분에 새로 생성된 디렉토리의 경로를 추가시킴으로써 기존에 사용하던 환경설정을 보존함과 동시에, 새로 설치된 시스템에 필요한 환경도 추가로 설정 될 수 있다.

프로그램에 의한 전체 설계 과정은 크게 3단계로 나누어 지고, 그 각각에 대한 각기 다른 대화상자가 마련되어 있다. Fig. 7에서 보는 주 대화상자 역시 나머지 3개와 동일한 구성을 통해 생성된 것이지만, 그 기능은 나머지와 현격하게 다르다. 우선 주 대화상자는 나머지 3개의 대화상자에 대한 디스플레이를 조절하는 변수를 통제한다. 또한 최종적인 결과에 대한 검증과 이를 출력하는 기능 그리고 확정된 결과 값에 의해 선정된 도면을 불러오는 역할을 수행한다.

현재는 프로그램이 입력된 데이터 및 결과치를 저장하고 불러오는 기능은 할 수 없다. 따라서 사용자는 설계가 끝난 열교환기 데이터들을 보호하기 위해서는 결과 데이터를 출력하여 문서화하거나 AutoCAD 파일형식으로 저장하였다. 단 데이터베이스에서 불러들여진 도면은 기 입력된 도면번호에 의해 저장될 수 있도록 하였다.

3.2 데이터베이스의 활용

프로그램이 제공하는 리스트상자 내에서 사용자는 원하는 유체를 선택하기만 하면 해당 유체에 대한 물성치 데이터가 데이터베이스로부터 호출 되어진다. 이어서 입력된 원통측의 입·출구 온도에 의해 계산된 평균온도는 호출된 데이터들로부터 읽어 들일 물성치들에 대한 기준값이 된다. 다음은 관측의 물성치 값들을 구하기 위해 필요한 비열·비중값 및 입구온도를 입력한 후, 앞에서 기술된 관측의 출구온도와 유량과의 관계 모듈에 의해 두 값의 적정치를 결정하게 된다. 이때 관측의 물성치들은 계산되는 출구온도에 따라 각기 다른 값들이 데이터 베이스에서 읽어 들여짐과 동시에 출력된다. 양쪽의 필요한 물성치들이 모두 결정된 후에는 내부적인 계산과정을 통해 열량과 다음 단계에서 구하여질 보정계수 'F'에 대한 그래프(Graph)의 기준인자들이 계산되어진다.

Fig. 8에서 위에서 기술한 내용의 기능을 가지고 있는 각종 DCL 파일들을 볼 수가 있다. 그림의 좌측 상단부에 있는 리스트박스(List Box)는 양측으로 흐르게 될 유체를 선택하는 기능을 가지고 있으며, 그 아래로 보이는 공백은 선택된 유체와 입력된 온도에 의해 결정된 물성치들이 출력되는 부분이다. 설계자는 입력순서에 의해 설계를 진행시켜야만 올바른 계산이 이루어 질 수가 있다. 만일 선행되어야만 하는 입력값이나 계산이 이루어지지 못한

상태에서 다음 설계 과정을 진행시키고자 하면 시스템은 검사 모듈에 의해 이를 감지하여 해당되는 메시지를 설계자에게 보여주도록 하였다.

Fig. 8 Form for calculating material properties of both shell and tube side

3.3 형상치수 선정

앞선 단계에서는 주로 열교환기에 사용되는 유체에 관련된 값들을 구하였다. 이번 단계에서는 형상치수 결정에 직접적인 영향을 주는 중요한 값들을 결정하게 된다. 우선 앞으로 진행될 모든 설계과정에 영향을 주는 총전열계수를 가정한다. 이때 필요한 LMTD와 MTD는 Fig. 9의 좌측 상단에 위치한 'Show Graph' 버튼을 클릭함으로써 나타나는 그래프에서 보정계수 'F'를 찾아 계산 되어진다.

다음은 노즐의 형식을 선정하고, 원통과 관측 노즐내의 유속을 가정하여 열교환기 형상데이터베이스로부터 해당되는 치수들을 불러오게 된다. 이때 가정치가 데이터 베이스의 범위를 벗어날 경우 Fig. 10과 같은 오류 메시지를 출력하게 된다. 따라서 사용자는 유속의 재입력을 통해 원하는 설계치수를 결정할 수 있다.

라디오버튼(Radio_Button)을 이용하여 관의 재질과 형식을 선정하게 되면, 관과 원통의 표준치수 리스트가 구성되어진다. 각각의 리스트에 있는 치수들 중 원하는 항목을 선택하게 되면 각 Pass별 속도가 계산되어진다. 이 값을 기준으로 TEMA Standard가 권장하는 유속과 가장

근사한 Pass를 선택하면 역시 열교환기 형상 데이터베이스로부터 관의 길이와 본수 등이 불러 들어진다.

Fig. 9 Form for searching appropriate size of shell and tube from design database

Fig. 10 Example of error message that is sent to the designer when there is an inconsistency between the estimated value and the actual one that is contained in data base

3.4 총전열계수 및 전열면적의 결정

설계과정으로는 마지막 부분인 세 번째 스텝에서는 내 부적인 계산이 많이 들어 있다. 따라서 앞선 과정에서 결정된 변수들을 인자로 하여 여러 가지 설계치수들을 자동으로 계산해 낸다.

배플의 간격을 결정하기 위해서는 사용자는 원통내부에 흐르는 유체의 속도를 입력하여야 한다. 이때도 프로그램은 적절하지 못한 결과가 예상되어지면 해당사항을 메시지 상자를 통해 보여줌으로써 사용자가 정확한 가정을 할 수 있도록 유도하고 있다.

Fig. 11의 좌측 하단에 보이는 'Film Coefficient' 값은 가정된 총전열계수로부터 계산되어진 값으로써 실제 전열면적을 구하는데 있어서 반드시 필요한 결과 값이므로 확인할 필요가 있다. 양측의 오염계수를 차례로 선택한 후, 관재질의 열전도도를 선택하면 프로그램은 필요로 하는 결과값들을 모두 계산하게 되고 그 대표적인 값 8개를 사용자에게 제시한다.

Fig. 11 Form for calculating Uo and Ao

3.5 열교환기 결과 데이터 및 도면 출력

Fig. 12의 양식은 열교환기 결과 데이터를 위한 일반적인 양식이다. 보통 중요한 부분만을 기입하도록 재구성된 양식을 일반적인 양식 대신에 사용하고 있지만, 본 프로그램에서는 차후에 프로그램이 확장될 경우를 고려하여 기본 데이터 양식으로 채택하였다.

Fig. 13는 모든 설계과정과 검증이 끝난 결과치를 가지고 불러들여진 도면으로서, 실제 제작에 적용이 가능한 도면이다. 이러한 도면은 AutoCAD 형식으로 저장하여 도면정보관리가 용이할 뿐더러 후에 같은 조건을 갖는 열교환기 제작에 재사용 될 수도 있다.

HEAT EXCHANGER DATA

| | | | | | | | | |
|----|---|----------------------------|-------------------|------------------------|---|--|----------|----|
| 1 | PLANT LOCATION | | | ITEM NO. | | | 1 | |
| 2 | SERVICE OF UNIT | | | TYPE | MDE | (HORIZ.) (VERT.) | 2 | |
| 3 | SIZE | #218.3 x 92B4L | | CONNECTED IN | PARALLEL | SERIES | 3 | |
| 4 | SURFACE/UNIT:(GRO.)/(EFF.),m ² | 45.20 / | | SHELL/UNIT: | SURFACE/SHELL(GRO.)/(EFF.),m ² | | 4 | |
| 5 | PERFORMANCE OF ONE UNIT | | | | | | | 5 |
| 6 | FLUIDE ALLOCATION | | | SHELL SIDE | TUBE SIDE | | 6 | |
| 7 | FLUIDE CIRCULATED | | | LIQUID | WATER | | 7 | |
| 8 | FLUIDE QUANTITY TOTAL | kg/h | | 38292.74 | | 69478.34 | 8 | |
| 9 | VAPOR (IN/OUT) | kg/h | | | | | 9 | |
| 10 | LIQUID | kg/h | | 38292.74 | | | 10 | |
| 11 | STEAM | kg/h | | | | | 11 | |
| 12 | WATER | kg/h | | | | 69478.34 | 12 | |
| 13 | NONCONDENSABLE | kg/h | | | | 69478.34 | 13 | |
| 14 | TEMPERATURE (IN/OUT) | C | | 109.00 | 55.00 | 30.00 | 14 | |
| 15 | DENSITY LIQUID VAP. | kg/m ³ | | 830.80 | | 893.00 | 15 | |
| 16 | VISCOSITY LIQUID VAP. | cP | | 0.02749 | | 0.68860 | 16 | |
| 17 | MOLECULAR WEIGHT LIQ. VAP. | | | | | | 17 | |
| 18 | MOL WT. NONCONDENSABLE | | | | | | 18 | |
| 19 | SPECIFIC HEAT. LIQ VAP. | kcal/kg. C | | 0.504 | | 1.000 | 19 | |
| 20 | THERMAL COND. LIQ VAP. | kcal.m/h.m ² C | | 0.12090 | | 0.82880 | 20 | |
| 21 | LATENT HEAT | kcal/kg. AT | | | | | 21 | |
| 22 | INLET PRESSURE | kg/cm ² (gauge) | | | | | 22 | |
| 23 | VELOCITY | m/s | | 0.60 | | 3.66 | 23 | |
| 24 | PRESS. DROP. ALLOW./CALC. | kg/cm ² | | 0.12882 | | 2.99516 | 24 | |
| 25 | FOULING RESIST. (MIN) | m ² .C h/kcal | | 0.00035 | | 0.00020 | 25 | |
| 26 | HEAT EXCHANGED | kcal/h | | 10+2175.08 | | MTD CORRECTED, C | 38.17 | |
| 27 | TRANSFER RATE | kcal/m ² .C .h | | OVERALL | | 659.9734 | 27 | |
| 28 | | | | SERVICE | | 604.0000 | 28 | |
| 29 | | | | CLEAN | | 1077.7844 | 29 | |
| 30 | CONSTRUCTION OF ONE SHELL | | | | SKETCH (BUNDLE/NOZZLE ORIENTATION) | | | 30 |
| 31 | kg/cm (g) | SHELL SIDE | | TUBE SIDE | | | 31 | |
| 32 | DESIGN/TEST PRESS. | | | | | | 32 | |
| 33 | DESIGN TEMPERATURE | | | | | | 33 | |
| 34 | NO. PASSES PER SHELL | | | | | | 34 | |
| 35 | CORROSION ALLOWANCE | | | | | | 35 | |
| 36 | CONNECTIONS | | | | | | 36 | |
| 37 | SIZE & RATING | IN | | | | | 37 | |
| 38 | | OUT | | | | | 38 | |
| 39 | | INTERMEDIATE | | | | | 39 | |
| 40 | TUBE | NO. | EA | 11B | OD | | 12.70 mm | 40 |
| 41 | | THK.(MIN/AVG) | mm | 1.0 | LENGTH | 9601.67 mm | 41 | |
| 42 | | PITCH | mm | 18.0 | PITCH ANGLE | | 42 | |
| 43 | | TUBE TYPE | STRAIGHT | | MATERIAL | SUS304 | 43 | |
| 44 | SHELL ID (mm) | 204.70 | MATERIAL | SGP | SHELL COVER | (INTEG.) (REMOV.) | 44 | |
| 45 | CHANNEL OR BONNET | | | CHANNEL COVER | | 45 | | |
| 46 | TUBE SHEET-STATIONARY | | | TUBE SHEET-FLOATING | | 46 | | |
| 47 | FLOATING HEAD COVER | | | IMPINGEMENT PROTECTION | | 47 | | |
| 48 | BAFFLES (CROSS) | NO. | EA | 17 | CUT | % 35 (HORI.) (VERI.) | 48 | |
| 49 | | TYPE | | | SPACING | c/c 505.42 | 49 | |
| 50 | BAFFLES (LONG) | | | SEAL TYPE | IN | OUT | 50 | |
| 51 | SUPPORTS-TJBE | | | U-BEND | TYPE | | 51 | |
| 52 | BYPASS SEAL ARRANGEMENT | | | TUBE/TUBESHEET JOINT | GASKET | | 52 | |
| 53 | EXPANSION JOINT | | | TYPE | | | 53 | |
| 54 | CODE REQUIREMENTS | | | CODE STAMP YES/NO | SPEC. | TEMA CLASS | 54 | |
| 55 | WT/SHEET-SHIPING | kg | FILLED WITH WATER | kg | BUNDLE | kg | 55 | |
| 56 | REMARKS | | | | | | 56 | |
| 57 | | | | | | | 57 | |
| 58 | | | | | | | 58 | |
| 59 | | | | | | | 59 | |
| 60 | REVISION | | | CLIENT : | | DATA SHEET-SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER (NKS) | | 60 |
| 61 | | | | PROJECT : | | | | 61 |
| 62 | | | | PREPO. / | PROJ. NO. | | | 62 |
| 62 | | | | APPD. / | | | | 62 |

Fig. 12 Data Sheet of a heat exchanger in the case of divided tube sheet type

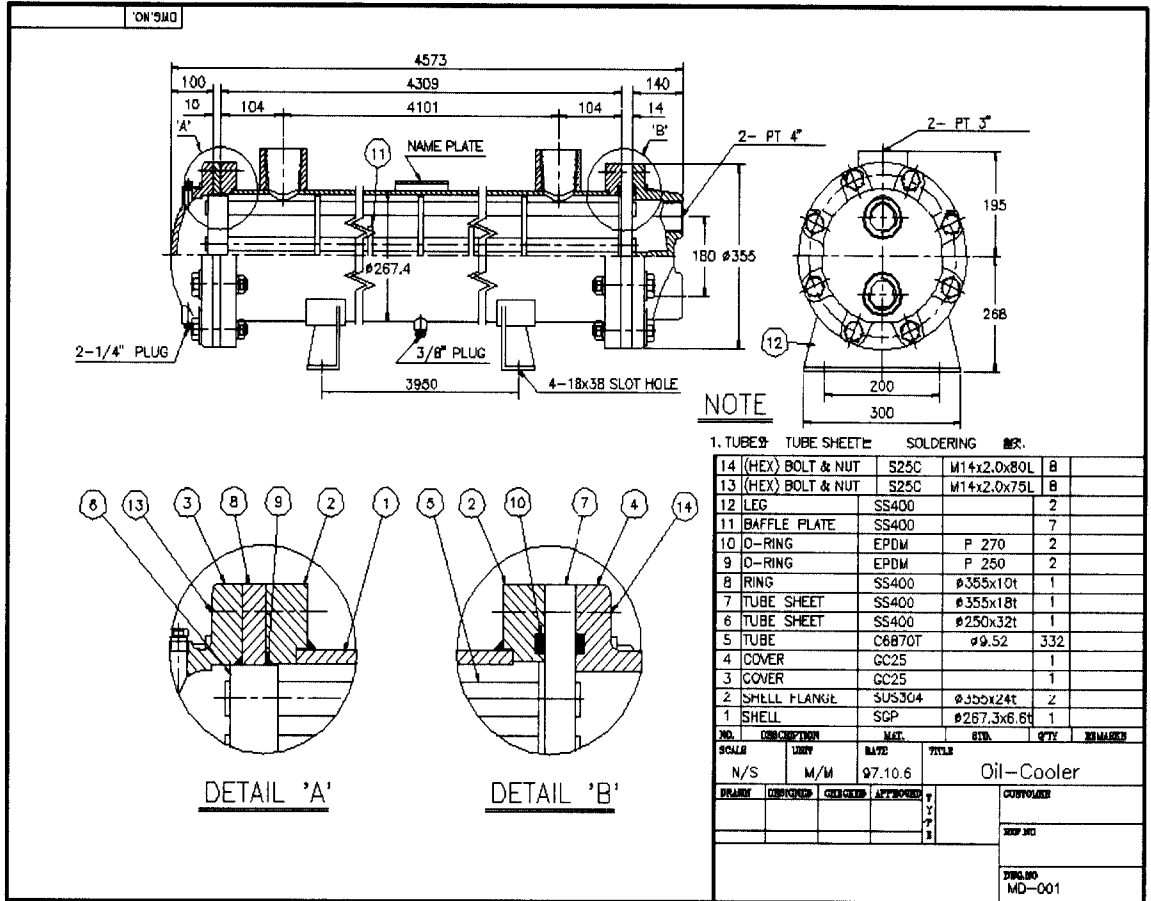


Fig. 13 Drawing for actual manufacturing of heat exchanger in the case of divided tube sheet type

4. 결론

본 논문에서 언급한 연구내용 및 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) Shell & Tube형 Oil Cooler에 대하여 CAD환경에서 LISP을 이용하여 설계자동화 시스템을 구축하였다.
- 2) 다양한 형상의 Shell & Tube형 Oil Cooler에 대하여 설계자료 및 형상데이터를 데이터베이스화하였다.
- 3) 설계도면 및 설계에 요구되는 설계사양을 CAD환경에서 출력할 수 있도록 시스템을 구축했다.
- 4) 본 연구에서 개발한 설계자동화 시스템은 다양한 종류

의 작동유체와 다양한 형상의 Shell & Tube형 열교환기에 적용이 가능하였다.

참고문헌

- 1) Kern, D. Q., Process heat transfer, McGraw-Hill, N. Y, 1950.
- 2) Tinker, T., Shell-side characteristics of shell and tube heat exchangers, Part I, II and III, Proc. General discussion on heat transfer, pp. 89~116, 1951.
- 3) 이상천 · 남상철, "원통다관형 열교환기 설계 소프트웨어

- 어 개발”, 대한기계학회 열 및 유체공학부문 학술강연
• 논문집, pp. 68~72, 1996.
- 4) 민의동, “열교환기 이론과 설계”, 도서출판 창원, 1991.
- 5) 홍성희, “Shell & Tube type 열교환기의 전산지원 설계에 관한 연구”, 공학석사학위논문, pp. 43~97, 1994.
- 6) 구본훈, “AutoCAD에서의 DCL활용”, 성안당, 1995.
- 7) 김찬우, “설계자동화를 위한 AutoLISP”, 도서출판 청호, 1993.
- 8) 김찬우, “AutoCAD를 위한 기계·금형설계자동화”, 도서출판 청호, 1995.
- 9) 이상천·송익수·박병덕, “원통다관형 열교환기의 설계 기술”, 대한기계학회 '95년도 열 및 유체공학부문 학술강연집 pp. 152~161, 1995.
- 10) 권혁홍, 박용일, 조동현, “열교환기 자동설계 프로그램 개발”, 韓國精密工學會 '98年度 春季學術大會論文集, pp. 673~676, 1998.