

限界 게이지의 自動 設計에 관한 研究

이 동 주*, 이 광 길**

CAD system development for design of limit gauges

Dong-Ju Lee,* Kwang-Gil Lee**

ABSTRACT

The CAD system for design and drawing of limit gauges was constructed and developed. This system was made by Visual Basic program. Using this system, drawings together with concerned data for the manufacturing of limit gauges are generated on the screen, file and printer. The data base was constructed by referring handbooks, textbooks, relevant standards and regulations. This system was proved a powerful tool for design and drawing of limit gauges by actual applications. The output drawings from this system are in good agreement with the drawings and data of the concerned standards and regulations.

Key Words : CAD(Computer Aided Design : 컴퓨터 지원 설계), Conceptual Design(개념 설계), Basic Design(기본 설계), Stress Analysis(응력 해석), Detail Design(상세 설계), Conventional Design(재래식 설계), Design Criteria(설계 조건), Simulation(시뮬레이션), Automated Drawing(자동 제도), Finite Element Method(유한 요소법), Artificial Intelligence(인공 지능), CAE(Computer Aided Engineering), Kinematic Analysis(기구학적 해석), Limit Gauge Work System(한계 게이지 공작 방식), GO Gauge(통과측), NOT Gauge(정지측), GUI(Graphic User Interface : 그래픽 유저 인터페이스)

1. 서 론

CAD(Computer Aided Design)는 일반적으로 컴퓨터의 지원에 의하여 설계, 엔지니어링 및 제도 등을 수행하는 것을 의미하며 주요 기능으로서는 제품도, 제품 가공도, 조립도 등의 설계안을 확정 시키는데 있다.

주요 적용 범위로서는 개념 설계(Conceptual Design), 기본 설계(Basic Design), 응력 해석(Stress Analysis), 상세 설계(Detail Design)등이다.

종래의 설계(Conventional Design)는 설계하고자 하는 제품에 대한 기능적인 특성, 제품 성능, 경제적인 여건 등을 고려하여 설계 조건(Design Criteria)을 작

* 충남대 기계 공학과

** 한국산업안전공단

설한 후 역학적 해석을 통하여 얻어진 결과를 검토하는 과정을 반복하며 제품의 소요 치수를 결정하고 도면을 작성하는 과정을 수작업에 의해 수행하여 왔다.

최근에 산업계에서 각광받고 있는 컴퓨터 지원 설계는 설계 사양에 따른 해석과 검토의 반복 과정을 컴퓨터가 대신해 줌으로써 짧은 시간에 성능과 정밀도가 높은 설계를 할 수 있게 되었다.⁽⁴⁾

한편 소프트웨어 측면에서의 CAD는 설계자와 컴퓨터와의 대화, 그림을 중계로한 대화(Graphic User Interface), 시뮬레이션(Computer Aided Simulation)의 3가지로 대별할 수 있다. 초창기에는 컴퓨터의 그래픽 기능을 이용한 자동 제도(Automated Drafting)에 관한 연구가 주를 이루었으나, 점차 모델링과 해석기법 등이 발전하면서 시뮬레이션의 전 과정이 수행될 수 있는 CAD의 연구가 이루어지고 있다.

지금까지 연구 및 개발되어 온 CAD의 현황은 기구학적 해석(Kinematic Analysis), 역학적 해석 및 컴퓨터 그래픽스를 응용한 자동 제도 등이 대부분이었다. 최근 들어 기계 요소를 위한 프로그램의 개발이 요청되고 있으나 아직까지는 미미한 실정으로 한계 게이지에 대한 연구 및 개발은 찾아볼 수 없다.

마이크로미터나 버니어 캘리퍼스로測定하면 치수가 정확히測定되고 互換性도 있으나測定時 熟練을 要하며 個人 誤差도 發生되고測定器의 價格 또한 高價이다. 따라서 이러한 短點을 補完하기 위한 一環으로 限界 게이지를 使用하게 된다.

限界 게이지란, 部品 製作時 許容할 수 있는 最大 치수로 製作된 게이지(停止側)와 最小 치수로 製作된 게이지(通過 側)를 핸들의 兩側에 組立 또는 一體로 製作하여 加工될 部品이 公差內의 치수로 加工되었는지의 與否를 判斷하는데 使用되는 게이지이다. 이 게이지에는 通過側(GO gauge)과 停止側(NOT GO gauge)이 있으며 이와 같은 게이지를 利用한 工作 方式을 限界 게이지 工作 方式(limit gauge work system)⁽⁵⁾이라 한다. 限界 게이지 工作 方式을 採用하면 製品 公差內의 精度 確保가 可能해지며, 各 製品은 互換性을 갖게 됨으로 互換 工作(interchangeable manufacturing)이라고 불려진다. 이러한 長點 때문에 産業 現場에서 限界 게이지 工作 方式이 많이 採用되고 있다. 그러나, 要求되는 製品 치수의 多樣性 및 끼워 맞춤 公差 等級의 多樣性으로 因해 모든 치수를 測定할 수 있는 限界 게이지의 製作 圖面 標準化는 대단히 어려운 實情

이다. 따라서 所要 치수 公差의 位置 및 等級에 따라 該當 規格을 每番 찾고 限界 게이지의 製作 치수 및 公差를 計算해서 手作業으로 도면을 作成하고 있다.

本 研究에서는 한계 게이지의 종류, 測定하고자 하는 工作物의 呼稱 치수, 公差域, 公差 等級 等, 4개의 資料를 入力하여 限界 게이지의 製作 圖面을 컴퓨터를 利用하여 自動으로 作成하고 출력하여 産業 現場에서 제작도 및 한계 게이지의 사후 관리용 도면으로 사용할 수 있도록 하였다.

2. 한계 게이지

2.1 限界 게이지의 定義

限界 게이지의 定義는 KS B 5248에 依하면 구멍 또는 軸의 最大 許容 치수를 基準으로한 測定 끝면과 最小 치수를 基準으로한 測定 끝면을 갖는 게이지로 定義된다. 測定 끝면이 固定되어 있는 限界 게이지를 固定式 限界 게이지라 하며 테이퍼록형(Taper lock plug gauge)과 트리록형(Trilock plug gauge)이 있다.⁽⁶⁾ 테이퍼록형 게이지는 게이지의 테이퍼부와 핸들의 테이퍼 구멍을 끼워 맞춤 하여 組立되는 게이지이며 트리록형은 게이지 끝면에 設置된 3개의 V형 홈과 핸들 끝면에 設置된 3개의 山 模樣的 突起가 끼워 맞추어져 볼트로 組立되는 게이지이다.

2.2 限界 게이지의 種類

구멍용 限界 게이지 및 軸用 限界 게이지의 種類⁽⁶⁾는 Table 1 과 같다.

Table 1 Types of limit gauges

Description	Gauge types		Range of nominal diameter (mm)	
			Above (and excl.)	Up to and incl.
Gauges for holes	Cylindrical plug gauge	Taper lock	1	50
		Trilock	(50)	120
	Flat plug gauge		(80)	250
	Rod gauge	Taper lock	(80)	120
		Solid	(120)	500
Gauges for shafts	Ring gauge		1	50
	Snap gauge	Double ended	1	50
		Single ended	3	50
		Gap gauge	50	180

2.3 구멍·軸 公差와 限界 게이지 公差와의 許容 領域의 關係

구멍·軸 公差와 限界 게이지 公差와의 許容 領域의 關係는, IT 5級~8級の 구멍 및 軸에 使用하는 것과 IT 9級, IT 10級인 구멍·軸에 使用하는 것으로 區分되며 같은 等級에 使用하는 것이라도 呼稱 치수 180mm 以下인 境遇와 180mm를 超過하는 境遇와는 다르다. Fig. 1 및 Fig. 2 에 그 關係⁽⁸⁾를 表示한다.

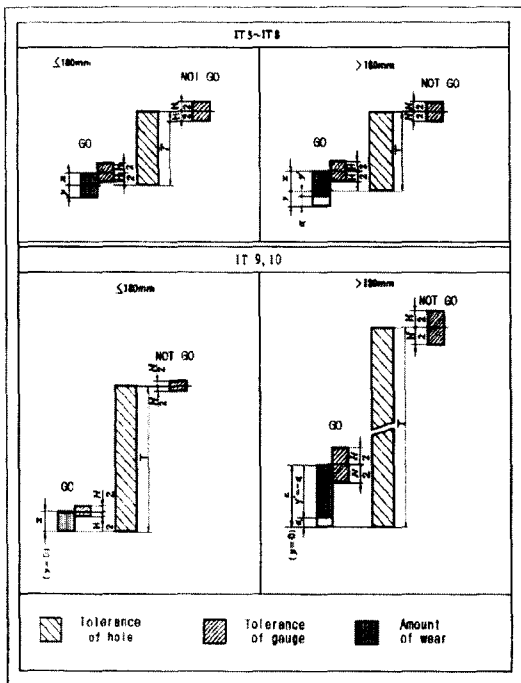


Fig. 1 Relation between manufacturing tolerance of limit gauges for holes and workpiece tolerance

3. LG(Limit Gauge) 설계용 CAD 시스템의 개발

3.1 研究 內容

限界 게이지에 對한 設計 資料를 韓國 工業 規格^[6-8], ISO^[9-12], 日本 工業 規格^[13-14] 等의 關聯 規格, 教科書 및 參考 文獻 等을 通하여 收集한 後, 이를 土臺로 Windows 環境에서 運營되는 Microsoft社의 Visual Basic 소프트웨어를 利用하여 데이터 베이스를 構築하고, 데이터 베이스화된 資料를 活用하여 한계 게이지의 자동 설계 및 제도 시스템을 開發하였다. 使用者와의

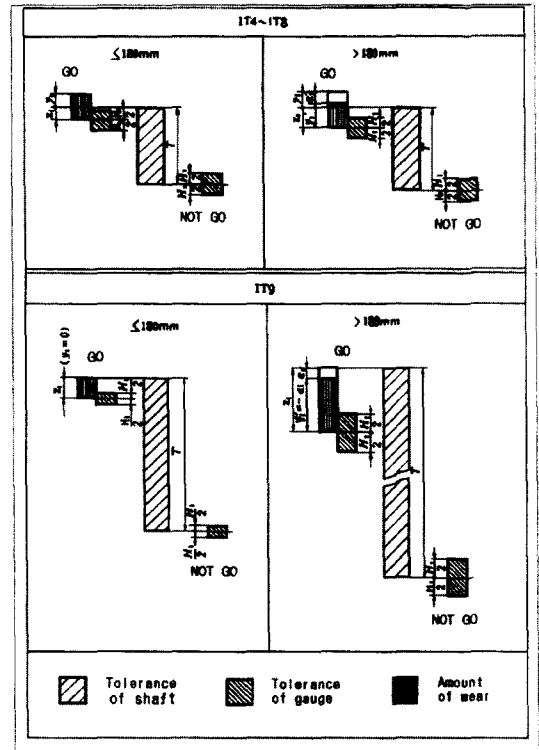


Fig. 2 Relation between manufacturing tolerance of limit gauges for shafts and workpiece tolerance

對話 形式으로 시스템을 構築하고 시스템 遂行 後, 結果를 畫面(screen)上에 自動으로 即時 出力함으로서 遂行 結果를 迅速하게 確認할 수 있도록 하였으며, 또한 命令 處理를 畫面上의 캄보 박스(combo box)를 利用하여 풀다운 메뉴(pull down menu) 및 드롭다운 리스트(drop down list)形式으로 構成하여 單純한 선택 操作에 依한 命令 處理 및 設計 資料의 入力이 可能하도록 하였다.

3.2 시스템의 構造

本 研究에서는 限界 게이지의 自動 制度를 爲하여 KS B 5248, KS B 5211, KS B 0401의 資料를 土臺로한 데이터 베이스 構築과 限界 게이지의 製作圖 面 作成 및 畫面, 또는 프린터로 出力할 수 있는 LG 시스템(Limit Gauge Design and Drawing System)을 開發하였다. 本 시스템의 構造는 Fig. 3과 같

의 3 部分으로 構成되어 있다

- (1) 使用者와 對話 形式으로 원하는 限界 게이지의 種類 및 呼稱 치수, 公差域, 公差 等級 等の 資料 入力을 要求하는 使用者 인터페이스(graphic user interface) 部分
- (2) 限界 게이지의 치수 및 公差 等を 資料化한 데이터 베이스 (data base) 部分
- (3) 데이터 베이스를 利用하여 限界 게이지의 設計 및 製圖에 關聯된 數值 計算 및 圖面을 그리는 그래픽(graphic) 遂行 部分

Fig. 4 는 본 시스템의 흐름도를 나타낸다.

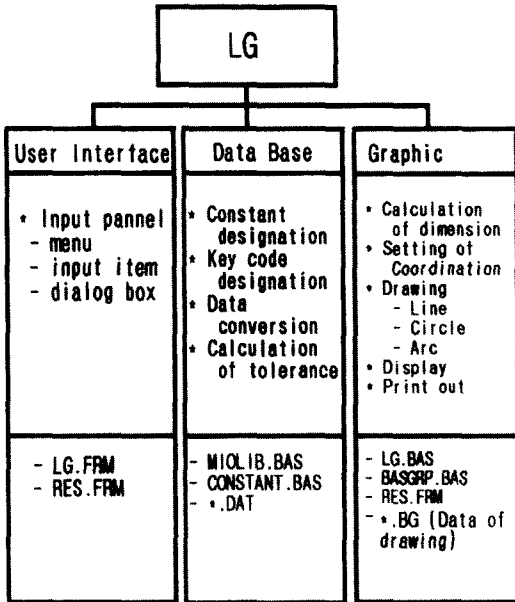


Fig. 3 Structure of CAD system

3.2.1 使用者 인터페이스 部分

使用者 인터페이스部(graphic user interface)는 設計 하고자 하는 限界 게이지의 關聯 資料를 入力하는 部分으로 Fig. 5와 같이 كام보 박스(combo box)를 利用하여 마우스로 화살표를 클릭(click)하면 Fig. 6과 같이 入力 資料가 드롭다운(drop down)되어 畫面上에 出力된다. 드롭다운(drop down)된 項目 중에서 원하는 內容을 選擇하여 入力할 수 있도록 하였으며 規格 範圍 以外的 資料가 잘못 入力되었을 境遇에는 문제 발생 內容을 警告文으로 出力하여 入力 內容을 確認한 後 再入力토록 하였다. 또한 選擇된 入力 資料는 畫면에

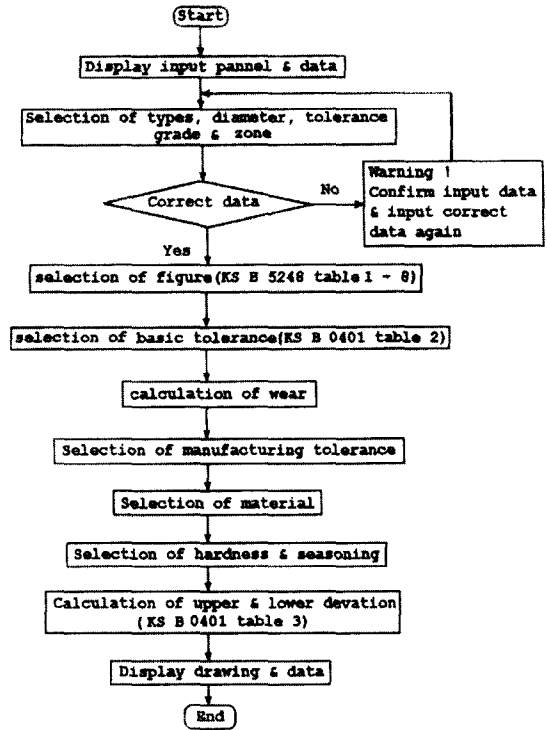


Fig. 4 Flow diagram of LG program

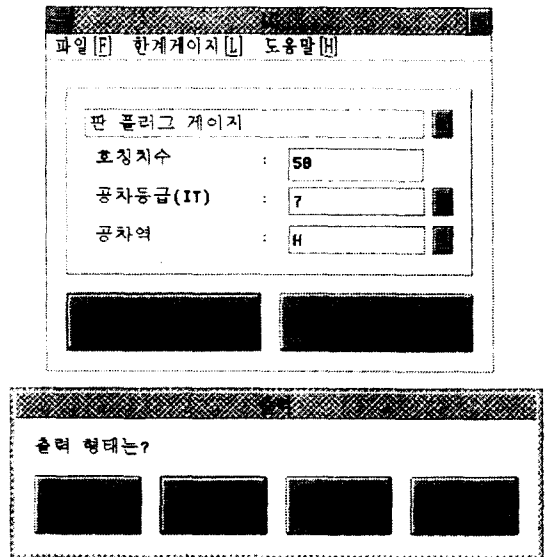


Fig. 5 User interface

即時 出力되며 修訂을 要할 경우에는 Tab키를 利用하여 該當 入力部로 커서를 移動시켜 修訂이 可能하도록 하였다. 資料의 入力이 終了된 後, 結果 버튼(button)을 選擇하면 製作 圖面 및 製作 關聯 資料들이 畫面에 即時 出力되도록 하였다.

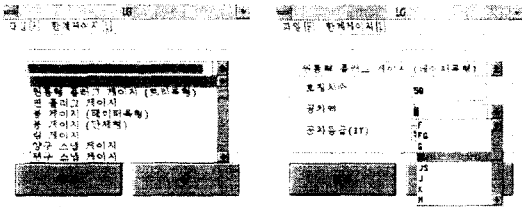


Fig. 6-1 User interface(a)

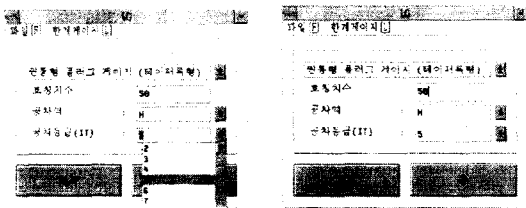


Fig. 6-2 User interface(b)

使用者 인터페이스부에서의 入力 자료는 4 項目으로 다음과 같다.

- (1) 限界 게이지 種類
 - 入力 要求 項目 : 게이지 種類의 選擇
- (2) 呼稱 치수
 - 入力 要求 項目 : 測定하고자 하는 구멍·軸의 呼稱 치수(mm) 入力
- (3) 公差域
 - 入力 要求 項目 : 측정하고자 하는 구멍·軸 公差 領域(A~ZC 또는 a~zc)의 選擇
 - (1)項의 限界 게이지 種類가 選擇되면 軸用은 a~zc, 구멍용은 A~ZC로 自動 變換되어 使用者가 選擇하여 入力할 수 있도록 畫面上에 出力 된다.
- (4) 公差 等級
 - 入力 要求 項目 : 측정하고자 하는 구멍·軸 公差 等級(IT 01~IT 18)의 選擇

3.2.2 데이터 베이스부

데이터 베이스(data base)부는 各種 公差 關聯 데이

터부와 圖面 作成을 爲한 치수 데이터部로 區分 作成되어 있으며 詳細 內容은 다음과 같다.

1) 公差 關聯 데이터 베이스부

公差 關聯 데이터 베이스부는 限界 게이지의 公差, 치수 許容差 및 磨減 餘裕, ISO(International Standard Organization)規格에 依한 IT 基本 公差의 數值, 軸·구멍의 끼워 맞춤 公差 領域 등으로 構成되어 있으며 呼稱 치수와 公差 等級 및 公差域에 따라 該當 公差를 自動 選定하여 製作하고자 하는 限界 게이지의 위 치수 許容差 및 아래 치수 許容差, 마멸 한계 치수의 허용차, 마멸 한계 치수, 마멸 여유 등을 計算할 수 있도록 各種 데이터를 支援한다. 또한 제품의 구멍·축의 공차 등급에 따라 限界 게이지의 製作 公差 등급이 自動 선정되며 이에 따른 眞圓度, 圓筒度, 平面度, 表面 거칠기 등의 資料가 自動 選定될 수 있도록 各種 데이터를 支援한다.

2) 圖面 自動 作成을 爲한 데이터 베이스부

圖面 自動 作成을 爲한 데이터 베이스부는 구멍용 限界 게이지(圓筒形 플러그 게이지, 板形 플러그 게이지, 棒 게이지) 및 軸用 限界 게이지(링 게이지, 兩口 스톱 게이지, 片口 스톱 게이지, C形 스톱 게이지)의 製作치수에 關聯하여 圖面 作成에 必要한 各種 치수들의 集合으로 構成되어 있으며 使用者 인터페이스부에서 入力된 限界 게이지의 種類에 따라 自動的으로 圖面이 그려질 수 있도록 該當 치수들을 支援한다.

3.2.3 數值 計算 및 그래픽 遂行部

使用者 인터페이스부에서 限界 게이지의 種類, 呼稱 치수, 公差 等級, 公差域 등이 入力되면 데이터 베이스部로부터 本 入力 資料에 關聯되는 公差, 게이지의 치수 및 各種 資料들을 읽어들이 關聯 資料의 自動 選定 및 公差, 製作 關聯 치수 등의 計算을 遂行한 後, 원점을 잡고 원점에서부터 직선, 사선, 원, 원호 등의 조합으로 도면을 그리고 치수선, 치수 보조선, 치수 기입, 공차 기입을 自動으로 완료한 후 畫面に 限界 게이지의 製作 圖面을 自動 出力한다. 윈도우즈(windows)의 보조 프로그램인 페인트 브러쉬(paint brush)를 이용하여 畫面上의 圖面을 보아 가며 interactive graphic 狀態로 圖面の 部分 變更 및 訂正이 可能하다. 또한 그 結果를 畫面(screen), 화일(file), 또는 印刷機(printer)로 選擇하여 出力할 수 있도록 하였고 縮尺이 자유 자재로 調整될 수 있도록 開發 하였다.

4. 시스템의 適用

本 研究에서 開發된 LG 시스템의 性能을 確認코자 總 7 種의 限界 게이지 중 3 種類를 택하여 各 種類別로 1 모델씩 各其 다른 呼稱 寸수, 公差 等級 및 公差域을 入力하여 實行시켜 보았다.

4.1 트리록形 플러그 게이지

設計 하고자 하는 限界 게이지에 대한 資料를 다음과 같이 入力하였다.

(1) 入力 內容

- 限界 게이지의 種類 : 트리록形
- 呼稱 寸수 (mm) : 110
- 公差 域 : G
- 公差 等級 (IT) : 7

(2) 實行 結果

위의 資料를 入力하여 實行시킨 結果 Fig. 7의 圖面이 完成되었다.

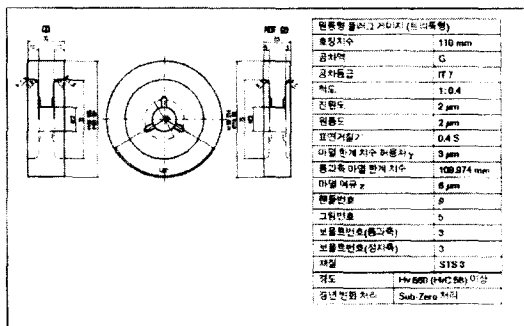


Fig. 7 Trilock plug gauge

4.2 테이퍼록形 棒 게이지

(1) 入力 內容

- 限界 게이지의 種類 : 테이퍼록形 棒 게이지
- 呼稱 寸수 (mm) : 90
- 公差 域 : D
- 公差 等級 (IT) : 8

(2) 實行 結果

위의 資料를 入力하여 實行시킨 結果 Fig. 8의 圖面이 完成되었다.

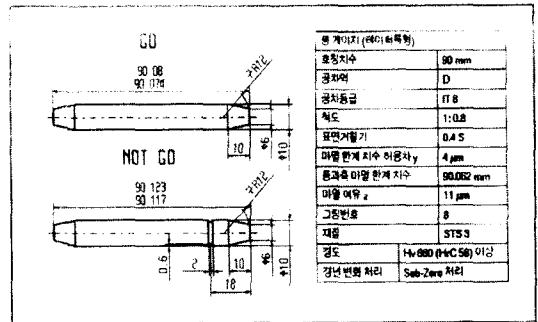


Fig. 8 Rod gauge with spherical ends

4.3 C形판 스냅 게이지

(1) 入力 內容

- 限界 게이지의 種類 : C形판 스냅 게이지
- 呼稱 寸수(mm) : 120
- 公差 域 : e
- 公差 等級 (IT) : 5

(2) 實行 結果

위의 資料를 入力하여 實行시킨 結果 Fig. 9의 圖面이 完成되었다.

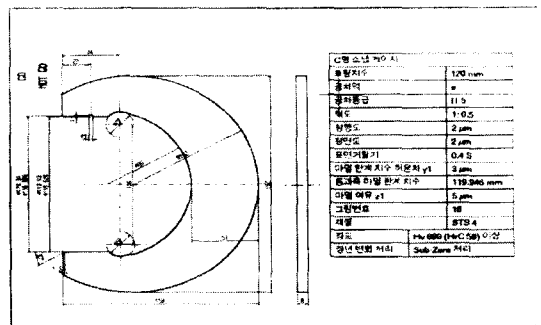


Fig. 9 Snap

5. 結果 및 考察

本 研究에서 開發된 LG 프로그램의 性能 確認을 爲하여 限界 게이지의 種類別로 各其 다른 呼稱 寸수, 公差域, 公差 等級을 入力시켜 시스템을 遂行시킨 後 出力해본 結果, 關聯 標準 및 規格과 잘 一致되고 있었으며 製作圖로 使用해도 遜色이 없었음을 確認할 수 있었

나

本 시스템의 特徵은 다음과 같다.

- (1) 手作業이나 CAD로 限界 게이지의 圖面을 그릴 境遇에 個人의 能力 및 컴퓨터의 機種에 따라 所要 時間 및 精確도의 差異가 심하게 變이질 수 있으나 本 시스템을 利用할 境遇에는 資料 入力後 數 秒 以內에 도면 및 치수 공차, 공차역, 공차 등급, 척도, 진원도, 원통도, 표면 거칠기, 마멸 한계 치수의 허용차, 마멸 여유, 마멸 한계치수, 재질, 경도, 경년 변화 처리 등의 製作 關聯 資料가 圖面에 出力 된다.
- (2) 시스템 遂行 結果의 出力 方法을 圖面, 화일(file), 프린터 中에서 選擇 하도록 하여 別途의 그래픽 處理없이 원하는 方法으로 出力을 할 수 있다.
- (3) 메뉴바(menu bar) 및 풀다운 메뉴(pull down menu)로 構成하여 신속 精確한 命令 處理가 가능하며 마우스 및 핫키(hot key)에 依해 迅速하게 命令을 選擇할 수 있다.
- (4) 入力 項目을 限界 게이지의 種類, 呼稱 치수, 公差域, 公差 等級의 4 項目으로 最小化 하였고 감보 박스를 利用하여 入力 項目을 드롭다운 리스트(drop down list)로 圖面上에 出力해줌으로써 使用者의 選擇에 依해 迅速 正確한 入力が 可能하다.

6. 결 론

本 研究에서는 限界 게이지의 自動 設計 製圖를 위한 CAD시스템을 開發하였다. 本 시스템의 開發을 通하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

- (1) 限界 게이지의 自動 設計 시스템을 開發하였다.
- (2) 게이지의 종류, 호칭치수, 공차역 및 등급만 입력하면, 신속 精確하게 한계게이지의 제작 도면이 생성된다.
- (3) 각종 한계 게이지의 설계에 적용해 본 결과 실용성 및 유용성이 입증되었다.

또한 本 研究에서 開發된 시스템을 活用하여 나사용 限界 게이지의 自動 設計 製圖에 대해서도 擴張하는 것이 바람직할 것으로 思料된다.

참고문헌

1. J. E. Shigley, "Mechanical Engineering Design", 4th ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1983.
2. M. P. Groover and E. W. Zimmer, Jr., "CAD/CAM", Prentice Hall, Inc., pp 53-71, 1984.
3. In C. M. Foundyler, "CAD/CAM, CAE" Daratech, vol. 1, pp. 3.1-3.20, 1984.
4. C. B. Besant, "Computer Aided Design and Manufacture", Ellic Horwood Limited, 1983.
5. 教材 編纂 委員會, "測定 工學", pp. 86-103, 1985.
6. KS B 5248, "限界 게이지", 1986.
7. KS B 0401, "치수 公差와 끼워 맞춤", 1988.
8. KS B 5211, "限界 게이지의 公差, 치수 許容差 및 磨減 餘裕", 1986.
9. ISO 286-1, "ISO system of limits and fits - Part 1 : Bases of tolerances, deviations and fit", 1988(E).
10. ISO 286-2, "ISO system of limits and fits - Part 2 : Tables of standard tolerance grades and limit deviations for holes and shafts", 1988(E).
11. ISO 1829, "Selection of tolerance zones for general purpose", 1975(E).
12. ISO/R 1938, "ISO system of limits and fits - Inspection of plain workpiece", 1971(E).
13. JIS B 7420, "Limit gauges", 1980.
14. JIS B 7421, "Tolerance allowable deviations and permissible wears of limit gauges", 1971.