

반용융 성형 제품의 미세조직 영상분석을 위한 프로그램 개발 Development of Image Analysis Program for Microstructure in Semi-solid Forming Product

권순구*, 박준홍**
Soon-Goo Kwon*, Joon-Hong Park**

<Abstract>

Many products related to automobile and airplane have been manufactured by semi-solid process. There are many parameters in semi-solid process such as punch velocity, die temperature, and solid fraction of material. Among these parameters, solid fraction of material is one of the most important factors to determine quality of product. To obtain solid fraction of a certain semi-solid product is very necessary and useful for inspecting and analyzing the product. In this paper, image analysis program for microstructure by semi-solid forming process has been developed with the simple apparatus such as a personal computer and scanner, instead of expensive image analyzer.

Key Words : Image Analysis, Semi-solid Forming Process, Microstructure, Solid Fraction

1. 서론

자동차 산업 및 항공기 관련 산업의 비약적인 발전에 따른 부품 수요의 급증과 함께 에너지 절감에 대응하기 위한 경량 소재의 새로운 가공법에 대한 관심이 점차 고조되고 있는 추세이다. 그러나 대부분의 경량 소재는 난 가공성 소재이므로 부품의 제작이 어렵고 제조비용이 많이 든다. 최근 이러한 난 가공재의 부품 성형과 부품의 경량화 등을 위한 방법으로 반용융 성형법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

반용융 가공이란 구상화된 미세 조직을 갖는

소재를 고상 및 액상이 공존하는 상태로 가열한 후 이것을 직접 성형하여 최종 제품에 가깝게 제조하는 공정을 말한다.⁽¹⁾ 반용융 가공에서는 고상율, 금형의 가압력, 가압 속도, 가압 시간, 금형 온도, 조직의 구상화 정도 등 많은 공정변수가 있다. 그러한 공정 변수들 중에서 고상율은 다른 공정 변수들에 영향을 미치고 제품의 기계적 성질에 밀접한 관련이 있으므로 고상율을 파악하는 것이 피 가공 재료의 가공조건을 선정하는데 중요한 요소가 된다.

지금까지 반용융 금속의 고상율 측정은 상태도를 이용한 공간 관계로부터 구하는 방법(상태도

* 정회원, 밀양대학교 기계공학과 부교수, 工博
九州大學 대학원 졸업

** 부산대학교 대학원 정밀기계공학과

* Dept. of Mechanical Eng., Miryang University
#1025-1 Nei-Dong Miryang, Kyongnam, Korea
Dept. of Prec. & Mech. Eng., Pusan University
Graduate School

법), 반용융 상태에 있는 금속 재료의 급랭 응고 조직으로부터 원래의 액상·고상 성분의 비율을 구하는 방법(급랭 응고 법)에 의존해왔다. 그러나 일반적인 상태도는 준 정적인 온도 관리의 기초로 만들어지는 것이 보통이다. 그러므로 급랭 효과를 고려하는 상태도는 적고 많은 다원합금의 상태도는 복잡하므로 고상을 측정에 사용될 수 있는 종류가 제한된다. 따라서 미세 조직을 관찰하기 위해서는 제품 성형 후 급랭 응고시키고, 이를 절단하여 현미경으로 검사 또는 사진으로 현상하여 미세 조직을 검사하고 있다. 하지만 이러한 급랭 응고 법에서도 현상되어진 조직 사진으로부터 고상과 액상의 비율을 정확히 파악할 수가 없다. 본 연구에서는 영상분석기(image analyzer)와 같은 고가의 장비가 있지만 실제 실험 결과 데이터 분석에 필요한 고상율을 연구실에서 영상분석기와 같은 장비 없이 간단히 구해내는 것은 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 급랭 응고 법을 이용하여 미세 조직을 관찰할 경우, 현상되어진 미세 조직 사진으로부터 액상·고상율을 측정할 수 있는 프로그램을 Microsoft Visual C++을 사용하여 개발하고자 한다. 누구나 손쉽게 사용할 수 있고, 고가의 영상분석기 대신 기존의 장비 즉, 현미경, 컴퓨터, 스캐너 등만 있으면 쉽게 미세 조직 사진을 영상 분석하여 면적 고상율을 구할 수 있는 프로그램을 만들고자 한다.

2. 미세 조직 영상분석을 위한 프로그램

현재와 같은 윈도우 환경에서는 시각적으로 우수한 윈도우용 프로그램을 작성하는 것이 폭넓게 활용될 수 있으며, 여러 가지 윈도우용 프로그램

Table 1 Apparatus for image analysis program

Computer	IBM compatible pentium II 350MHz
Software	Microsoft Developer Studio VISUAL C++6.0
Scanner	HP Scanner

언어 중에서 공학적으로 많이 활용되고 객체 지향적(Object-Oriented)인 Microsoft Visual C++을 이용하는 것이 다른 여타의 언어보다 더욱 효과

적이다. 본 연구에서 미세 조직 영상분석을 위한 프로그램을 개발하기 위해 사용된 기기는 Table 1과 같다.

2.1 미세 조직 영상분석을 위한 프로그램의 실행 순서

2.1.1 이미지 획득

현미경으로 찍은 미세 조직 사진으로부터 스캐너를 이용하여 image 파일을 획득한다. 여기서는 여러 가지 이미지 파일 중에서 bitmap 파일로 저장한다. 특히, 컴퓨터 환경에 관계없이 파일의 처리가 가능한 DIB(Device Independent Bitmap, 장치독립비트맵)으로 파일을 생성하고, 256색의 그레이스케일 bitmap 파일로 한다. 물론 많은 종류의 이미지 파일이 있지만 가장 폭넓게 사용되며, 압축이 되어있지 않아서 처리하기가 쉬운 비트맵 파일을 선택하였다.

2.1.2 이미지 Reading

선택된 이미지를 컴퓨터 모니터 상에서 볼 수 있도록 한다. 작업 내용은 비트맵의 구조를 읽어들이는 것이다. 비트맵은 Bitmapfileheader, Bitmapinfoheader, 색상테이블, 이미지 비트의 네가지로 구성된다. Bitmapfileheader, Bitmapinfoheader에는 비트맵 파일 자체의 정보가 담겨져 있고 색상테이블, 이미지 비트에는 실제의 이미지 비트가 담겨져 있다. 파일을 읽어 들여 실제의 비트맵이미지 일 경우에는 모니터의 윈도우상에 출력을 하고 그렇지 않은 경우에는 에러 표시를 하도록 하였다.

2.1.3 이미지 분석

읽어 들인 이미지의 pixel 당 색의 강도 값을 불러들인다. 이미지 분석 시에 실제의 조직에 들어 있을 불순물이나 기공 등은 고상을 측정에 영향이 없다고 가정한다.

2.1.4 고상율 및 액상율 측정

불러들인 이미지의 pixel 당 색의 밝기 값을 이용하여 그 지점의 조직이 고체상태인지 액체상태인지를 판별하고 분석된 pixel 당 값을 합하여 전체 미세 조직의 고상율, 액상율을 측정한다.

2.2 프로그램의 구조

Visual C++에서는 크게 3부분으로 프로그램을 처리한다. 첫째는 프로그램 파일을 정의하는 부분이고, 둘째는 실제의 프로그램을 수행하는 프로젝트 소스 파일(project source file)이며, 셋째는 메뉴, 배경, 아이콘을 설정하는 부분이다. 프로젝트 소스 파일은 컴파일(compile)되어 목적(object) 파일이 된 후 프로젝트 정의파일, 라이브러리(library) 등과 함께 링크(link)된다. 그리고 메뉴나 아이콘 등의 리소스(resource) 들은 따로 컴파일 되어서 최종 실행 파일에서 주 프로젝트 파일과 합해진다. 프로그램의 소스에서 가장 중요한 부분이 되는 image.h 와 picview.cpp 파일을 보도록 하겠다.

2.2.1 image.h

여기서는 이미지 관리를 하는 CImage 클래스를 만든다. CImage 클래스에서 하는 일은 이미지를 위한 메모리를 할당하고 관리, 이미지를 읽어오고, 화면에 표시, 이미지에 대한 각종 정보를 제공하는 기능을 가진다.⁽²⁾ 다음은 이 파일의 개략적인 프로그램 구조를 나타내고 있다.

```
class CImage
{ /* 멤버 변수*/ protected:
HDIB m_hImage; //image handle
HDIB m_hUndoImage; //undo image handle
CSize m_Size; //image size
CPalette * m_pPal; //image palette
/* 멤버 함수 */ public:
// 생성자, 초기화 함수
CImage();
CImage( CImage & );
CImage& operator=(CImage &image);
BOOL InitDIB(BOOL bCreatePalette = TRUE);
void SetHandle(HANDLE hHandle);
BOOL Create(int width, int height, int depth);
BOOL CreateDIBPalette();
// 소멸자, 정리 함수
virtual ~CImage() { Free(); }
void Free ();
// 이미지 정보를 얻는 함수
int GetBitCount ();
HDIB GetHandle () {return m_hImage;}
BOOL IsDataNull()
```

```
{return (m_hImage == NULL);}
CSize GetSize () {return m_Size;}
int GetHeight () {return m_Size.cy;}
int GetWidth () {return m_Size.cx;}
int GetRealWidth ()
{return
WIDTHBYTES(((GetWidth()*GetBitCount()));}
HDIB GetUndoHandle()
{return m_hUndoImage;}
CPalette *GetPalette() {return m_pPal;}
// 그리기
BOOL Draw(HDC hDC, LPRECT sourceRect,
LPRECT destRect);
// 파일 읽어오기, 저장하기
BOOL Save(LPCTSTR lpszFileName);
BOOL Load(LPCTSTR lpszFileName);
protected:
// 실제 파일 읽어오기
BOOL LoadBMP(LPCTSTR lpszFileName);
// 실제 파일 저장하기
BOOL SaveBMP(LPCTSTR lpszFileName); };
```

2.2.2 picview.cpp

이 파일은 image와 계산된 값을 실제로 화면에 보여주는 기능을 한다. 그리고 여기서 실제의 고상율을 계산한다. 고상율의 계산은 흑백 미세조직 사진에서 고상은 흰색으로, 액상은 검은색으로 나타난다는 사실에 착안하여 흰색 픽셀은 고상으로 검은색 픽셀은 액상으로 처리한다. 그리고 256색의 비트맵이미지가 색의 강도에 따라서 0~255의 값을 가지므로 흰색은 255에 가깝게 되고 검은색은 0에 가까운 색으로 표시된다. 이렇게 나뉘어진 고상과 액상의 픽셀 개수를 세어서 면적 고상율을 측정한다. 고상율의 측정 시에는 입체 해석학적으로 2차원의 면적 고상율이 실제 3차원의 체적 고상율의 값을 대표할 수 있다는 가정 하에 작업을 행하였다.⁽³⁾ 다음 내용은 이 파일의 개략적인 프로그램 구조를 나타내고 있다.

```
CPicDoc *pDoc = GetDocument();
CString strText; char buf[200];
int up=0, down=0, count=100;
// count 값이 고체와 액체의 경계가 되는 값이다.
```

```

CPixelPtr ptr(pDoc->m_Image);
CPixel p;
for (int j=0;j<pDoc->m_Image.GetHeight();j++)
{for (int i=0; i<pDoc->m_Image.GetWidth();
i++) { p<<ptr[j][i]; int p1=p;
if (p1>count){up=up+1;}
else if (p1<=count){down=down+1;} } }
int areal = down +up, area2 = up,
fs=(area2*100) / areal ; wsprintf(buf,
"(전체단면적=%d, 고상의 면적=%d, 고상률
fs=%d percents)", areal,area2,fs);
pDC->TextOut (4,rcDest.bottom+4,
buf, strlen(buf)); PenTest1(pDC); }
    
```

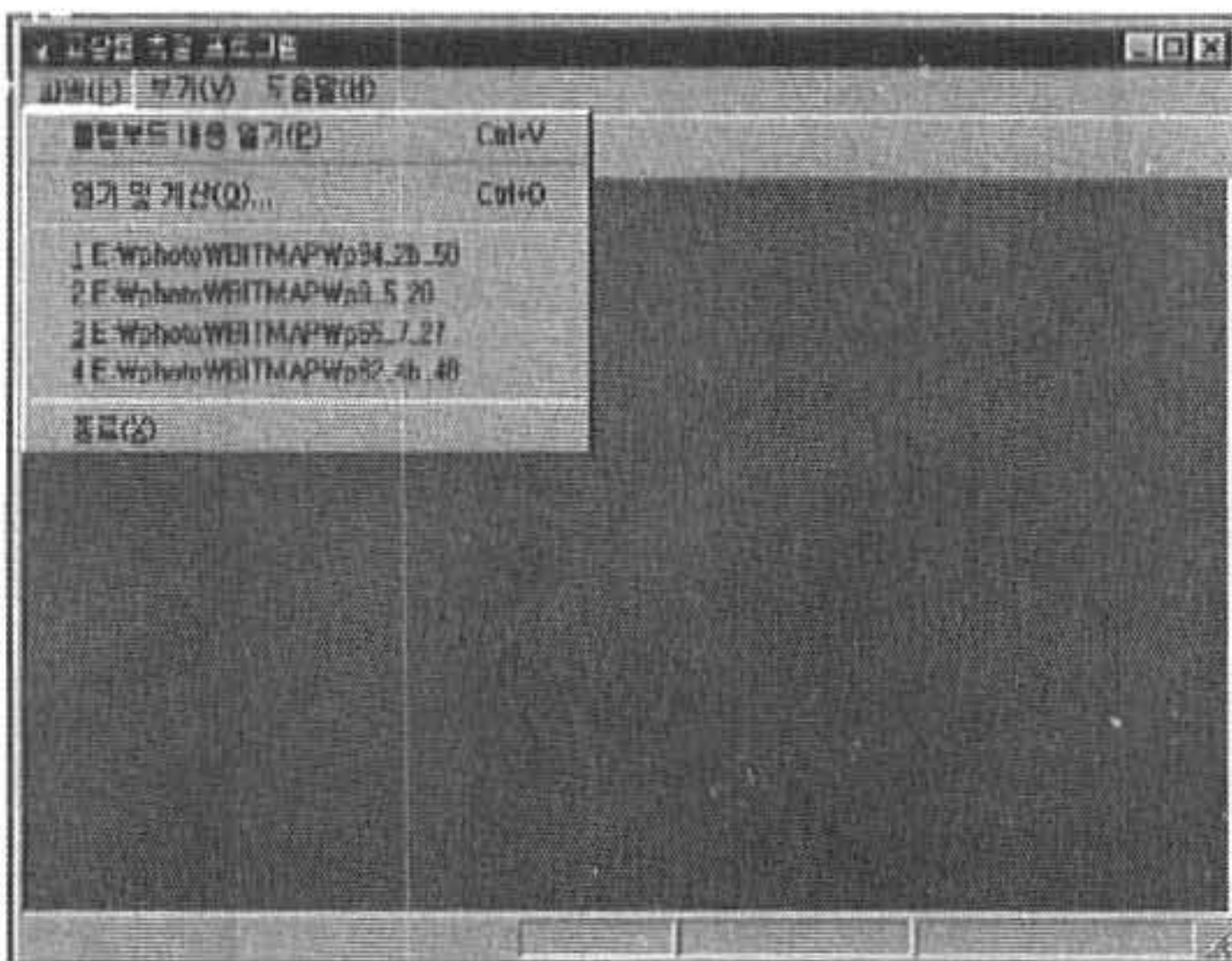


Fig. 1. Captured picture of image analysis program

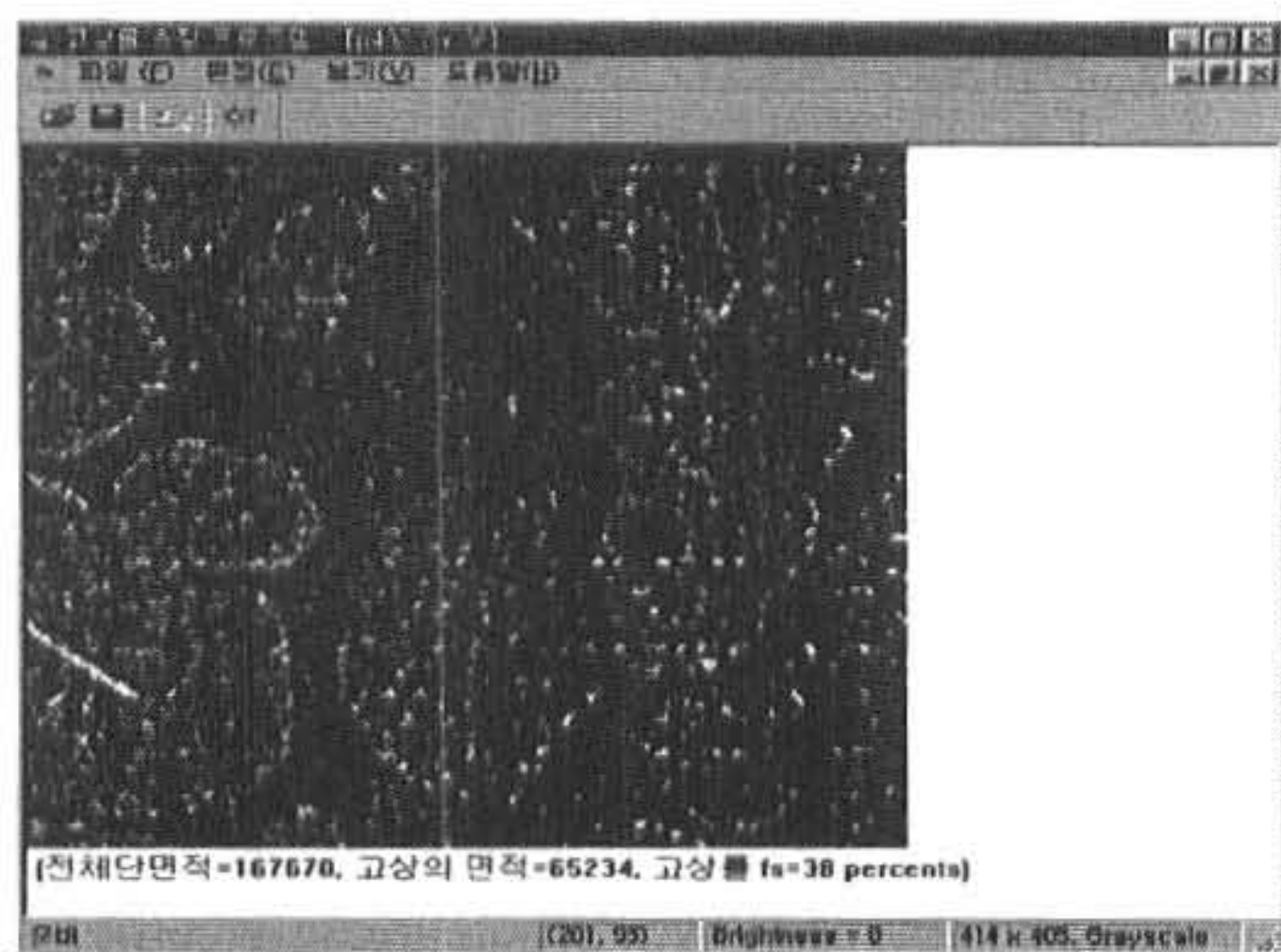


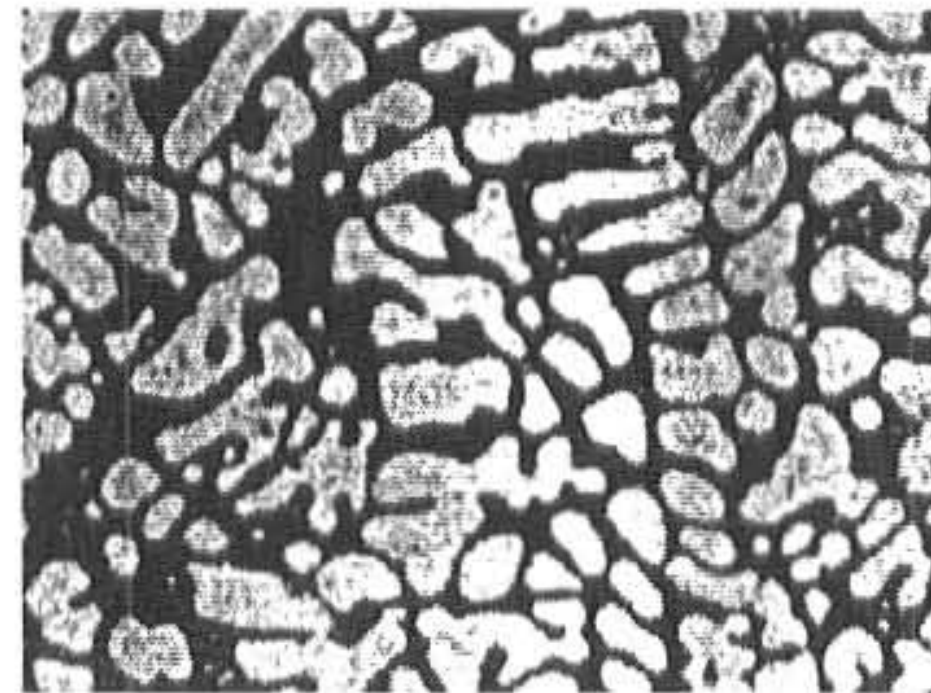
Fig. 2. Captured picture with microstructure

2.3 프로그램 실행

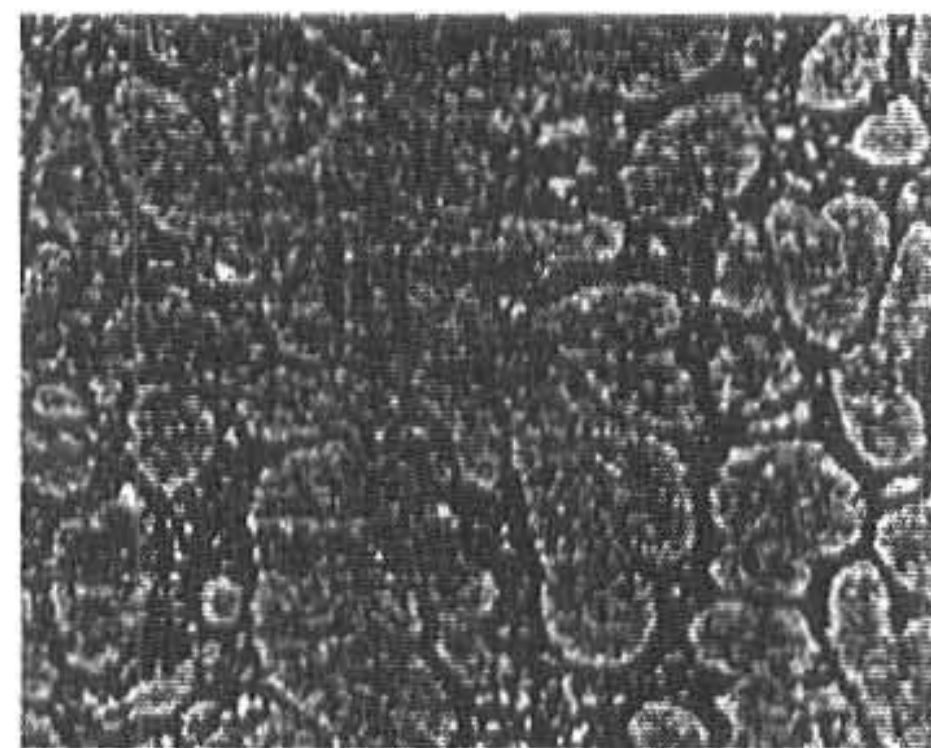
프로그램은 실행이 간단하게 파일 메뉴에서 열

기와 계산 메뉴를 실행하면 바로 고상율이 측정 되도록 하였다. 다음의 Fig. 1은 프로그램의 실행 전의 모습이고, Fig. 2는 이미지 파일을 읽어서 고상율을 측정한 모습이다.

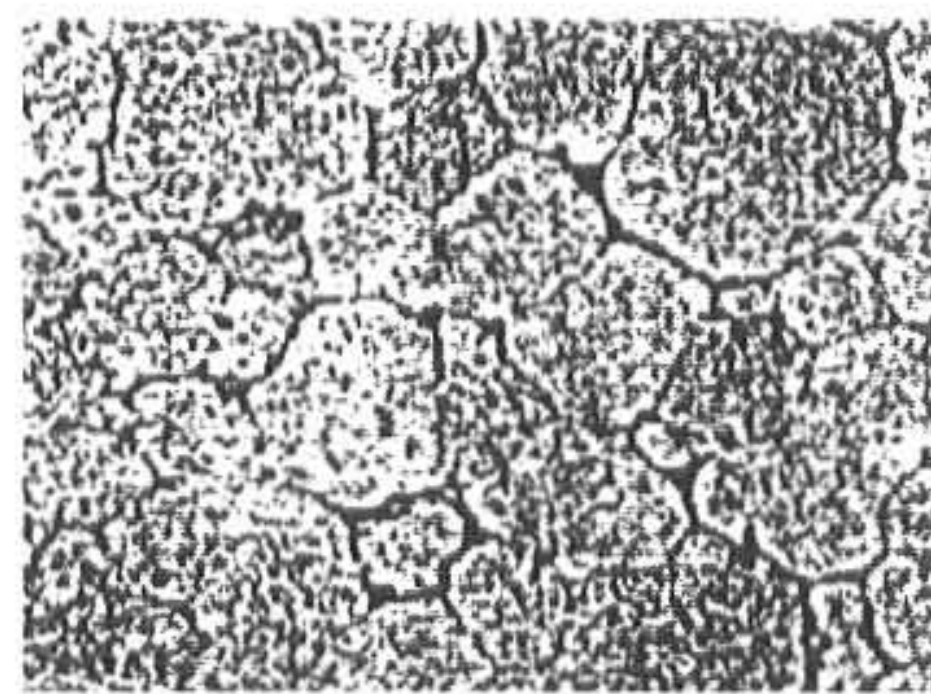
3. 미세 조직 사진에 대한 고상율 측정



① (Sn-15wt%Pb)⁽⁴⁾



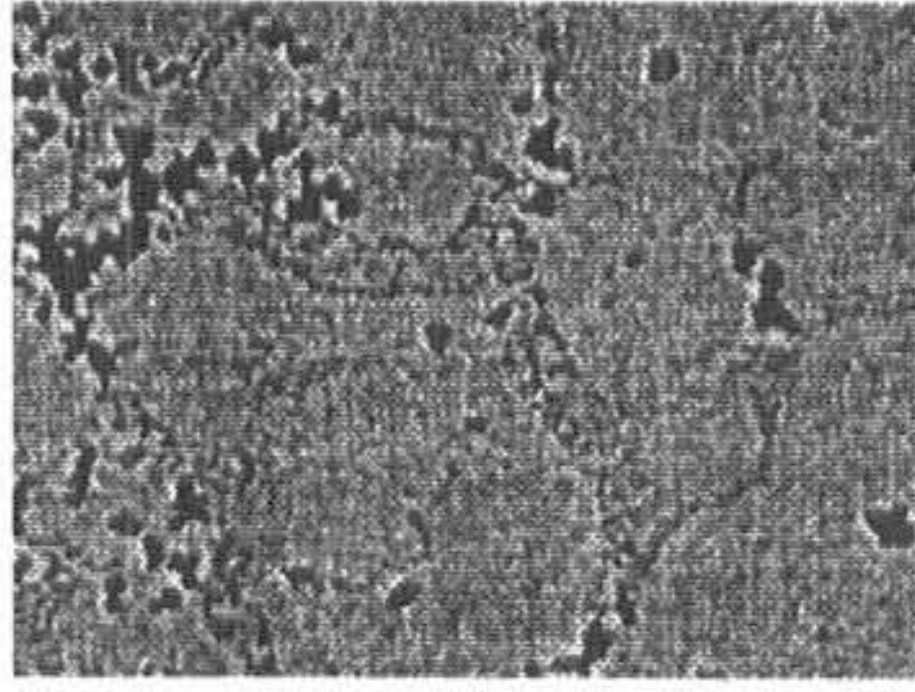
② (Al-7%Si-0.4Mg)⁽⁵⁾



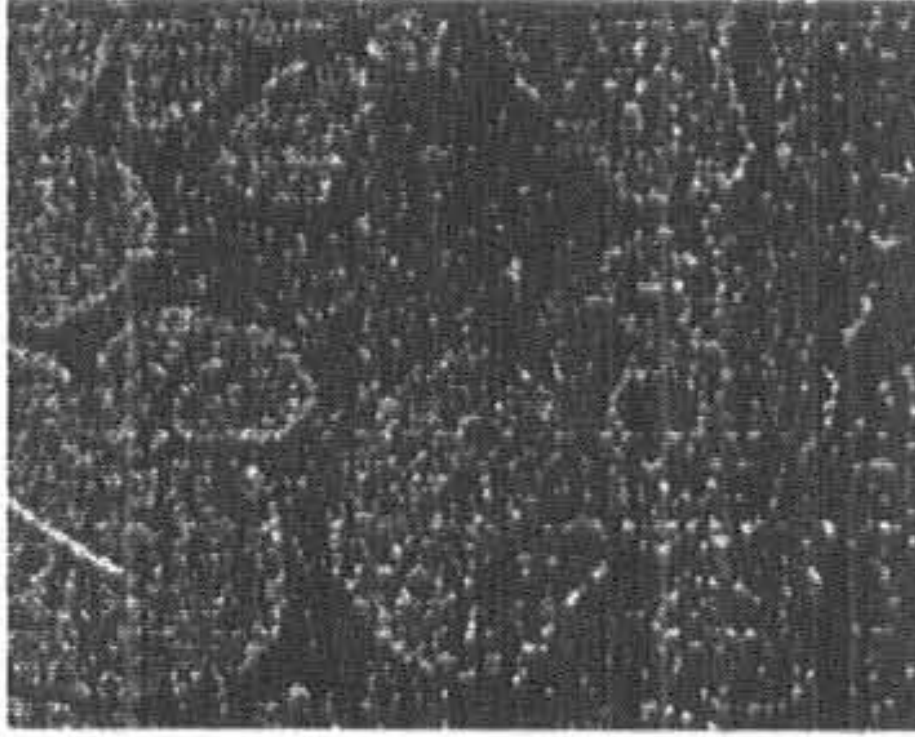
③ (A2014)⁽⁶⁾



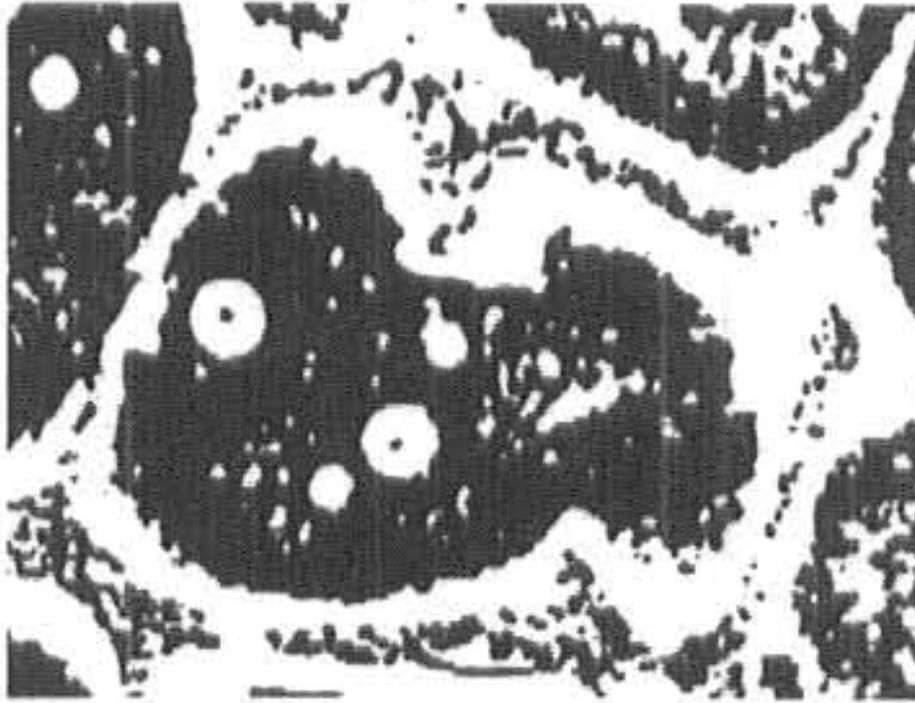
④ (Al-4w/oCu)⁽⁷⁾



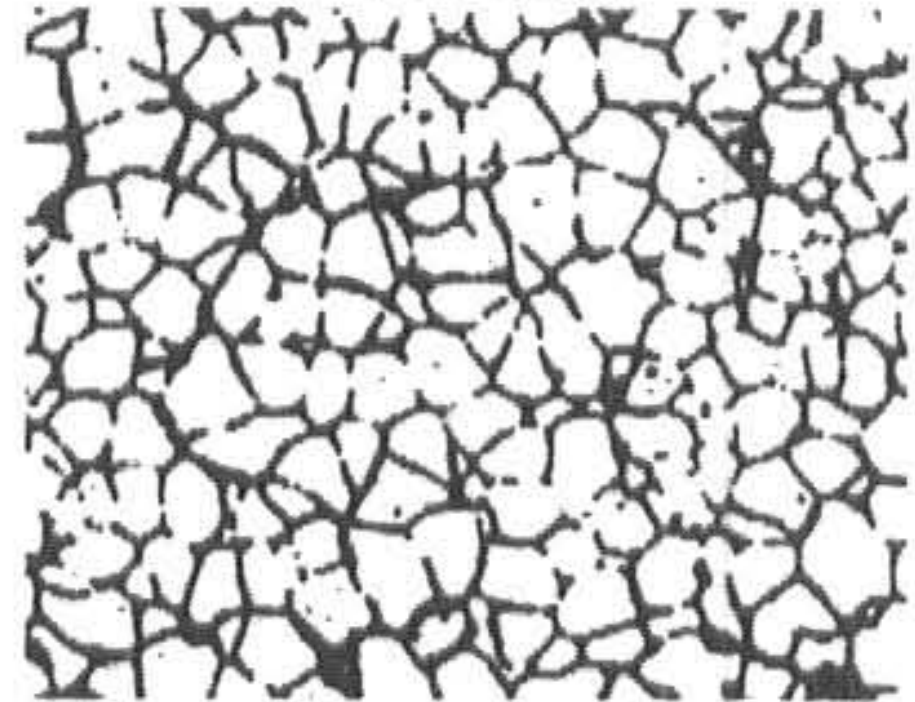
⑤ (A356)⁽⁸⁾



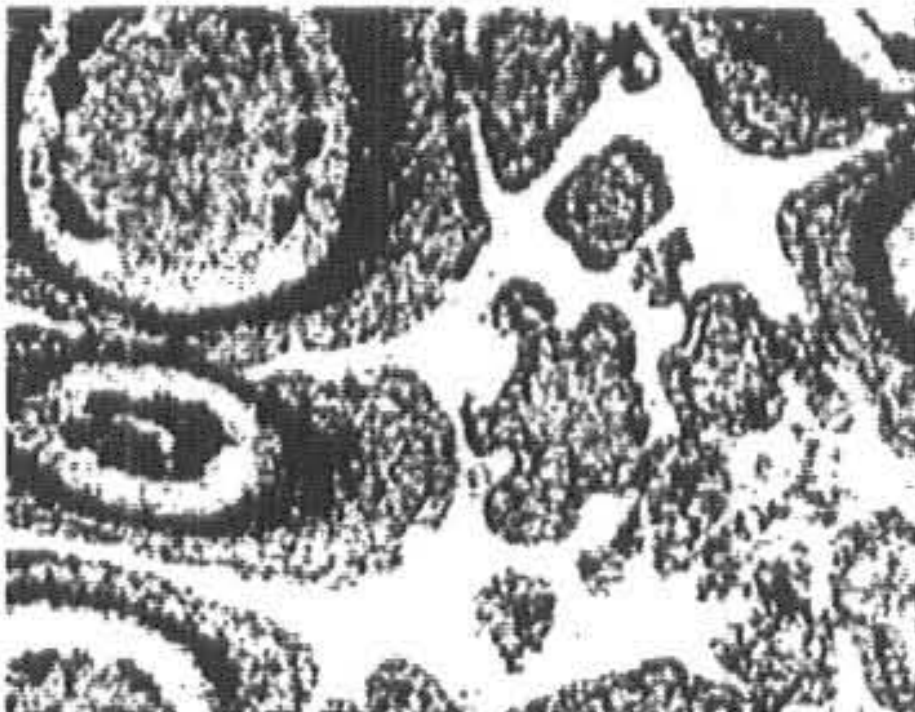
⑥ (A356)⁽⁸⁾



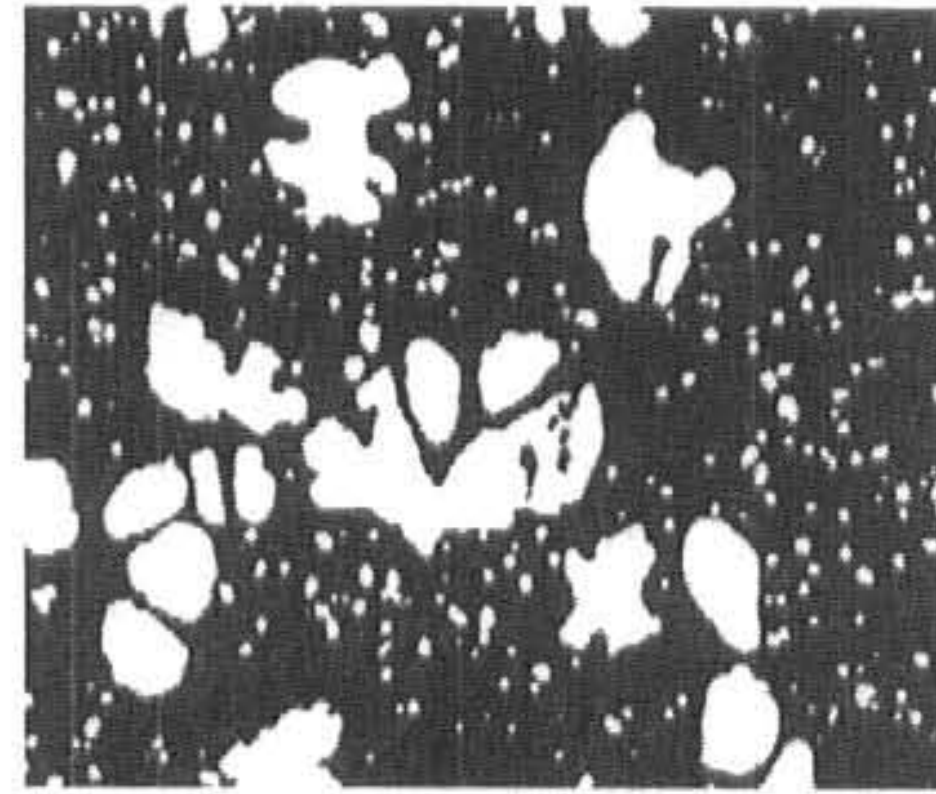
⑦ (M2 steel)⁽⁹⁾



⑧ (ZE33)⁽¹⁰⁾



⑨ (Al-80%Zn)⁽¹¹⁾



⑩ (Sn-15wt%Pb)⁽¹²⁾

Fig.3 Sample photograph of microstructure of the samples in semi-solid state

고상율을 이미 알고 있는 기존의 미세 조직의 이미지를 이용하여 본 연구에서 개발한 프로그램에서 실행시켜 실제 고상율과 비교하였다. Fig. 3은 고상율을 알고 있는 기존의 미세조직 사진을 나타낸 것이다.

실제의 고상율 값과 프로그램 상에서 측정된 면적 고상율의 값은 Table 2 와 같다.

Table 4. Comparison of results between analysis and measurement (unit:%)

data	이론치	측정치	data	이론치	측정치
①	65	64	⑥	38	38
②	65	62	⑦	66	54
③	78	85	⑧	83	73
④	94	88	⑨	50	57
⑤	77	89	⑩	22	24

4. 결과 및 검토

기존의 고상율을 알고 있는 미세 조직 사진을 이용하여 본 연구에서 개발한 프로그램 상에서 미세 조직을 분석한 결과, 그 결과가 아주 잘 일치함을 알 수 있었다. 그 중 몇 개의 미세 조직에서 약간의 차이를 보이는데, 이것은 획득된 이미지가 동일한 환경에서 얻어진 것이 아니고 또한 동일한 재료가 아니기 때문에 발생한 것으로 판단된다. 즉 동일한 빛의 강도에서 조직 사진이 촬영된 것이 아닐 뿐 아니라 재료에 따라서 성분

이 각기 다르기 때문에 이론 값과 측정값 사이에 차이가 다소 있을 수 있는 것이다. 이런 오차를 줄이기 위해서는 유사한 환경 조건에서 이미지를 취득해야 하며 또한 취득된 이미지를 파일로 변환해서 처리하는 경우에도 동일한 장비(컴퓨터, 소프트웨어, 스캐너)와 동일한 조건(현미경의 배율, 스캐너의 해상도)하에서 미세 조직 사진만을 이용하여 고상율을 구하는 연구가 수행되어야 할 것이다.

5. 결 론

반응용 성형에 있어서 미세 조직의 고상율을 파악하는 것은 제품의 기계적 성질을 알 수 있는 중요한 작업이다. 따라서 이 값을 정확하게 아는 것은 재료의 가공조건을 선정하는데 있어서 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 고가의 외부 장치 없이 단지 미세 조직 사진만으로도 면적 고상율을 구할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램으로도 미세 조직의 고상율을 정확히 파악할 수 있다는 만족할 만한 연구 결과를 얻을 수 있었다. 다소 차이가 나는 부분은 동일한 장비를 사용하고 동일한 환경 조건에서 미세 조직 촬영이 이루어진다면 해결될 수 있다. 또한 pixel의 분해능을 높이기 위하여 256색 이상의 칼라를 처리할 수 있도록 프로그램을 개선하고, 또한 여러 가지 재료의 미세 조직 특성을 파악하여 이를 프로그램화 한다면 미세 조직 사진만을 이용하여 고상율을 구한다고 해도 고상율에 대한 오차는 더욱 줄어들 것이다.

참고문헌

- 1) 민규식 : 반응용 가공을 위한 소재의 특성과 성형공정의 유한요소해석, 부산대, pp.1-4 (1998)
- 2) 김용성 : VISUAL C++ 6 완벽가이드, 영진출판사, pp. 943-967 (1998)
- 3) W.R.Loue and M.Suery : microstructural evolution during partial remelting of Al-Si7Mg alloys, *Materials Science and Engineering A203*, pp. 1-2 (1995)
- 4) D. Favier and M. Suery : Experimental measure of the bulk deformation and liquid pressure of a semi-solid specimen under drained and undrained condition, *Proceedings of the 4th international Conference on Semi-solid Processing of Alloys and Composites*, p.53, June (1996)
- 5) SM.Nabulsi, TA. Steinberg, CJ. Davidson and NW. Page : The shear strength of Semi-solid alloys, *Proceedings of the 4th international Conference on Semi-solid Processing of Alloys and Composites*, p.49, June (1996)
- 6) D.S. Han, G.Durrant, and B. Cantor : Semi-Solid Deformation of 2014 Al Alloys, *Proceedings of the 5th international Conference on Semi-solid Processing of Alloys and Composites*, p.46, June 23-25 (1998)
- 7) E. Tzimas, A. Zavaliangos, A. Lawley and C, Pumberger : Physical mechanisms of the flow resistance of semi-solid materials at a high volume fraction of solid, *Proceedings of the 4th international Conference on Semi-solid Processing of Alloys and Composites*, p.43, June (1996)
- 8) J.J.Valencia, T.G.Friedhoff, T.P. Creeden, and J.J. Carolarella : Microstructural Evaluation of Rapidly Heated Aluminum A356 Alloy Billets, *Proceedings of the 5th international Conference on Semi-solid Processing of Alloys and Composites*, p.402, June 23-25(1998)
- 9) S. Meyer and W. Bleck : Microstructural and Rheological Aspects in Thixoforming of Alumium and Steel, *Proceedings of the 5th international Conference on Semi-solid Processing of Alloys and Composites*, p. 366, June 23-25 (1998)
- 10) S. Sannes, H. Gjestland, L. Arnberg and J.K. Solberg : Yield Point Behaviour of Semi-Solid Mg Alloys, *Proceedings of the 3th international Conference on Semi-solid Processing of Alloys and Composites*, p. 402, June 13-15 (1994)
- 11) N. Wang, J. Wu and G. Shu : Tensile and Compression Properties of Stircast Al-5% Cu and Al-80%Zn, *Proceedings of the 3th international Conference on Semi-solid*

Processing of Alloys and Composites, p.
132, June 13-15 (1994)

- 12) H. Pend, S.P. Wang, N. Wang and K.K.
Wang : Rheomolding-Injection molding of
Semi-Solid Metals, *Proceedings of the 3th
international Conference on Semi-solid
Processing of Alloys and Composites*, p.196,
June 13-15 (1994)

(2000년 7월8일 접수, 2001년 2월16일 채택)