



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

차체판넬의 랜싱공법
개발에 관한 연구

濟州大學校 産業大學院

機械工學科

朴 相 振

2011年 8月

碩士學位論文

차체판넬의 랜싱공법
개발에 관한 연구

濟州大學校 産業大學院

에너지응용시스템학부 기계공학전공

朴 相 振

2011年 8月

차체판넬의 랜싱공법 개발에 관한 연구

指導教授 鄭 東 垣

朴 相 振

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2011年 8月

朴相振의 工學 碩士學位 論文을 認准함

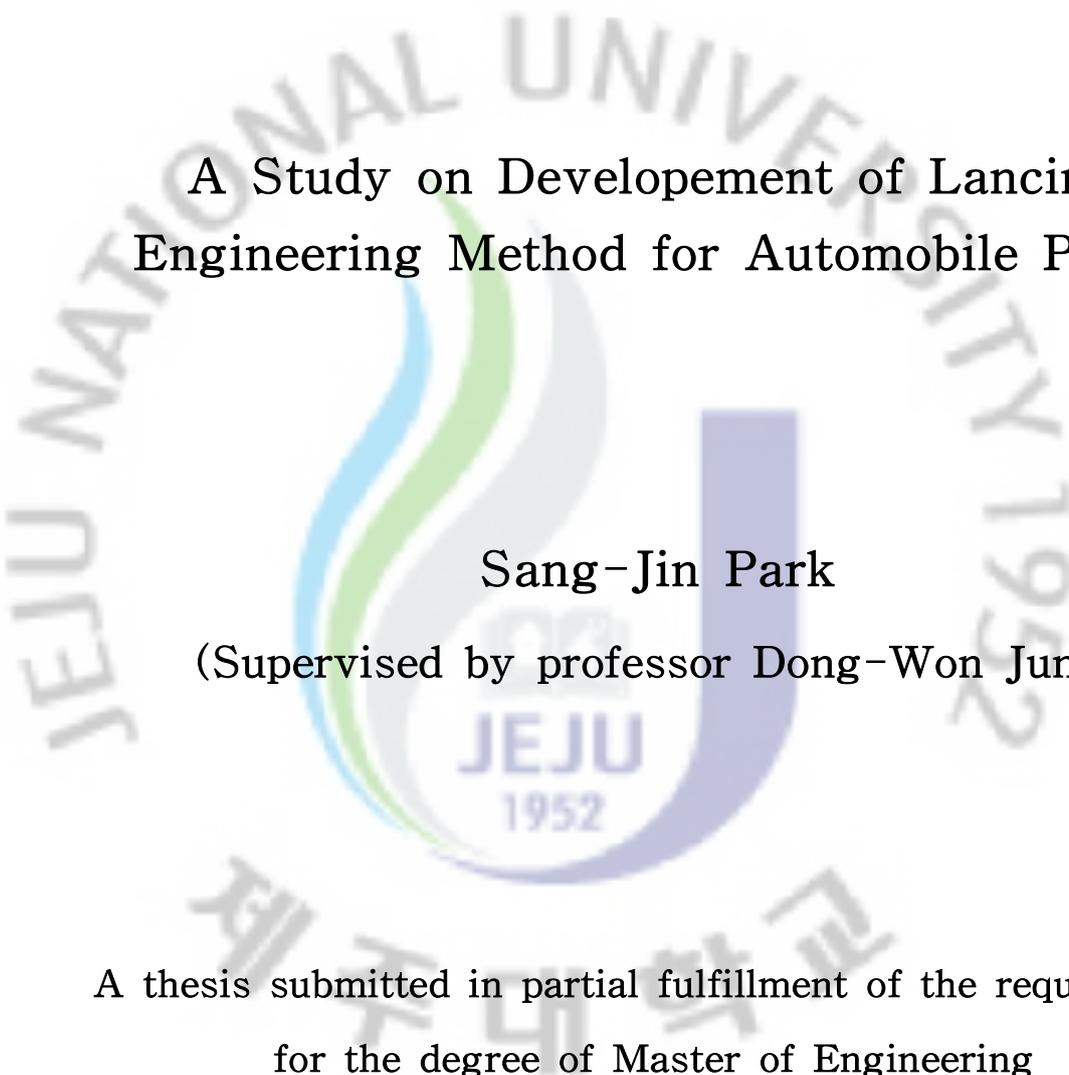
審査委員長 金 貴 植 ①

委 員 權 麒 麟 ①

委 員 鄭 東 垣 ①

濟州大學校 産業大學院

2011年 8月



A Study on Development of Lancing
Engineering Method for Automobile Panel

Sang-Jin Park

(Supervised by professor Dong-Won Jung)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement
for the degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2011. 8.

목 차

NOMENCLATURE	i
SUMMARY	ii
I. 서 론	1
1-1 연구의 개요	1
1-2 연구의 목적	3
II. 기본이론	4
2-1 내연적 방법의 유한요소 수식	4
2-2 구성방정식	5
III. 트로프 판넬의 성형해석	7
3-1 트로프 판넬의 성형 조건	7
3-1-1 금형 SETTING	7
3-1-2 성형해석	8
3-2 트로프 판넬의 성형해석 결과	12
3-2-1 성형깊이 해석 결과	12
3-2-2 랜싱분석	13
IV. 바디필라 판넬의 성형해석	14
4-1 바디필라 판넬의 성형 조건	14
4-1-1 금형 SETTING	14
4-1-2 성형해석	15

The logo of Jeju National University is centered in the background. It features a stylized 'U' shape composed of three curved bands in blue, green, and purple. Below the 'U' is a book icon with the text 'JEJU 1952' underneath. The university's name is written in English, 'JEJU NATIONAL UNIVERSITY 1952', around the top arc and in Korean, '제주대학교', around the bottom arc.

4-2 바디필라 판넬의 성형해석 결과	17
4-2-1 성형깊이 해석 결과	17
4-2-2 랜싱분석	18
V. 결론	23
VI. 참고문헌	24

NOMENCLATURE

$L^{\alpha\beta\gamma\rho}$: 구성방정식 텐서

$\tau^{\alpha\beta}$: Cauchy 응력 텐서

$e^{\alpha\beta}$: Lagrangian 변형도 텐서

K : 강성행렬

R : 외력벡터

F : 응력발산항

$u^{(i)}$: 변위벡터

β : 감속계수

SUMMARY

Making one car usually needs about 20,000 parts. It is known that there are 20,000 components used in a car. In that Automobile Panel which is used for car's body made by Profil making course in Plastic working has enough solidity compared to its weight and it's surface is so superior that it is used widely in Auto Industry.

Although Car making press has advantage in mass production and its own cost is little bit cheap, it has weakness that beginning investments cost is expensive and making time is so delayed. Lately cost of raw materials sharply increase by that new method of construction is under developing for reducing loss of materials. In a car, the product made in press making course is so important. Because the product is directly related to safety on side crashing. So high tensile steel plate is mainly used for this product. But high tensile steel plate is hard to make and Spring-Back phenomenon frequently occurs which makes making course difficult. These problem makes increasing productivity difficult. By using Auto-Form Software in this research we apply and analyze lancing method. Results of simulation in study, moderate position and depth of molding can predictable, can mold product without adjustment(which use metal-mold) and can reduce manufacturing duration of metal-mold. So it surely assists to developing Metal method

South Korea is world 5th car making country. South Korea's car industries are increasing the market share and treated as a car power. We should know there are many efforts by subcontractor. So these are the time to develop technology and we assume that this research will contribute to thin profil process.

I. 서론

1. 1 연구의 개요

원소재로부터 원하는 형상의 제품을 얻기 위해 기초 소재를 적절한 공구를 이용하는 방법으로 소성가공이 있으며, 소성가공 중 박판성형 공정은 무게에 비해 강도가 높고 표면특성이 우수하여 자동차 산업, 항공기, 전자부품 등에 널리 이용되고 있다. 박판성형 공정은 최근 원자재 가격의 상승과 국제 경쟁력 강화로 인하여 가공 중 재료의 손실을 적게 하고 새로운 공법 개발로 생산원가의 절감이 절실히 요구되고 있다. 1)-4)

자동차에서 프레스 성형에 의해 제작된 제품은 고장력 강판을 많이 사용하고 있다. 그러나 고장력 강판은 제품의 성형이 어렵고, 스프링 백(spring-back) 영향이 많이 나타난다. 그리고 자동차의 구성품 중 하나인 바디필라 판넬 생산에 쓰이는 박판 성형공정은 하나의 금형으로 성형한 후 트리밍(trimming) 등을 이용하여 최종 제품을 생산하는 방법을 많이 이용하고 있다. 5)- 9)

그러나 이와 같은 방법은 생산성의 향상에는 도움이 되지만 제품의 성형시 판재의 유동을 억제하여 파단, 주름발생 및 스프링 백 등의 현상이 나타나 성형을 어렵게 하는 경우가 많다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 보통은 소재의 유동을 원활하게 하기위해 다이 어깨부의 반경을 수정하는 설계 변경 방법과 플랜지부에 슬릿 slit)을 사용하여 소재의 흐름을 원활히 하는 랜싱(lancing) 방법이 이용되고 있다. 전자의 제품 성형방법은 설계를 변경하여야 하며 제품에 따라 설계변경이 불가능한 경우에는 사용이 불가능하고 재료의 유입 불량을 단순한 어깨 반경의 수정으로 해결하기에는 한계가 따르므로 한 금형에서 두 개의 제품 생산이 불가능할 경우도 종종 있다. 후자의 랜싱방법을 이용하여 제품을 성형하는 경우는 설계의 변경이 없다는 큰 장점이 있으나, 랜싱부의 위치 및 성형깊이 등을 정확하게 예측하지 못하면 제품의 성형이 어려워지고, 또한 성형 공정 중에

랜싱을 위한 공정이 추가 되어 금형의 구조가 복잡해지는 단점이 있다.10)-13)

이와 같은 랜싱공법을 이용하여 프레스 성형을 하는 자동차는 주로 필라와 같은 중, 소형 품목들이 대부분이고 랜싱공법은 소재의 제거 없이 한개 혹은 그 이상의 슬릿을 만드는 것으로 주로 프로그레시브 공정에서 제품의 형상에 적합한 블랭크의 모양을 만드는데 주로 이용되고 있다. 그러나 산업현장에서 랜싱기법을 이용한 제품 생산방법을 회피하는 경우의 대부분이 적정한 랜싱부의 위치와 성형조건 등을 경험에 의존함으로써 정확한 성형조건을 찾기가 매우 어렵기 때문이라고 판단되며, 또한 랜싱기법을 이용한 제품의 성형에 관련된 연구가 미비한 상태이다. 14), 15)

1. 2 연구의 목적

본 논문에서는 자동차 산업에 쓰이는 트로프 판넬 제품과 바디필라 판넬 제품에 랜싱공법을 적용하기 위해 판재성형 전용 유한요소해석 프로그램인 오토폼 소프트웨어를 이용하여 랜싱공법에 대한 유한요소해석을 수행하여 정확한 성형 조건을 찾고, 도출된 결과의 적용 가능성 및 타당성을 검토하고자 한다. 본 논문에서는 프레스 금형 성형해석용 시스템인 오토폼 소프트웨어를 이용하여 박판재료의 랜싱공법 개발에 필요한 성형해석 기술을 개발하였고 랜싱공법에 필요한 최적 설계변수들을 도출하였다.

II. 기본이론

2. 1 내연적 방법의 유한요소 수식

탄소성 재료에 대한 Updated Lagrangian 수식은 가상일의 원리로부터 다음과 같이 얻을 수 있다. 7)

$$\begin{aligned} & \int_{V_0} L^{\alpha\beta\gamma\rho} e^{\alpha\beta} \delta e^{\gamma\rho} dV + \int_{V_0} \tau^{\alpha\beta} \frac{\partial u_i}{\partial \theta^\alpha} \frac{\partial u_i}{\partial \theta^\beta} dV \\ & = \int_{S_i^{(t_0 + \Delta t)}} t_i^{(t_0 + \Delta t)} \delta u_i dS - \int_{V_0} \tau^{\alpha\beta} \delta e^{\alpha\beta} dV \end{aligned} \quad (1)$$

위 식을 유한요소 수식으로 전환하고 뉴턴-랩슨(Newton-Raphson)법을 적용하면 다음과 같이 표현된다.

$$K \cdot \Delta \bar{u}^{(i)} = R - F^{(i-1)} \quad (2)$$

여기서 K 는 강성행렬이고 R 은 $(t_0 + t)$ 에서의 외력벡터, 그리고 $F^{(i-1)}$ 는 시간 $(t_0 + t)$, $(i-1)$ 번째의 축차(iteration)에서의 응력 발산항(stress divergence term)이다. 식 (2)로부터 변위 오차 수정항을 구하고 이를 오차의 크기가 일정한도 이내에 도달할 때까지 다음의 반복계산을 수행한다.

$$\bar{u}^{(i)} = \bar{u}^{(i-1)} + \beta \Delta \bar{u}^{(i)}$$

여기서, $\bar{u}^{(i-1)}$ 는 현재의 변위벡터, $\Delta \bar{u}^{(i)}$ 는 변위의 오차 수정항, 그리고, β 는 해의 발산의 막기 위하여 도입하는 감속계수이다. ($0 < \beta \leq 1$)

2. 2 구성방정식

본 논문에서는 정적 내연적 유한요소법을 사용하는 상용 프로그램인 오토폼을 이용하여 성형해석을 수행하였으며, 전체 구성방정식은 아래와 같다.

$$\bar{\sigma} = K \cdot \bar{\epsilon}^n$$

여기서 $\bar{\sigma}$ 는 유효응력, $\bar{\epsilon}$ 는 유효변형률, K는 강도계수, n은 가공 경화지수이다.

트로프 판넬의 성형해석에 사용된 재료는 WSD-M1A215-F1로 소재의 두께는 0.95mm이며 이방성계수 값이 R=1.28 이고 가공경화지수는 0.163이며 세부적인 물성치는 아래 Table 1과 같다.

Table 1. Mechanical properties of WSD-M1A215-F1

Young's Modulus	210 GPa
Yield strength	286 MPa
R value	1.28
Poisson's Rate	0.3
Work-hardening Exponent	0.163

바디필라 판넬의 성형해석에 사용된 재료는 GMW 3032M-ST-S-210P로 가공성이 우수하여 자동차 판넬 등의 강도 보강을 위해 많이 사용되는 강판이다. 소재의 두께는 1.2mm이며 이방성계수 값이 R=1.3 이고 가공경화지수는 0.19이

며 세부적인 물성치는 아래 Table 2과 같다.

Table 2. Mechanical properties of GMW3032M-ST-S-210P

Young's Modulus	210 GPa
Yield strength	240 MPa
R value	1.3
Poisson's Rate	0.3
Work-hardening Exponent	0.19

Ⅲ. 트로프 판넬의 성형해석

3. 1 트로프 판넬의 성형 조건

3. 1. 1 금형 SETTING

Fig. 1는 성형해석을 하기 위한 트로프 판넬의 툴 세팅상태를 나타낸 것이다.

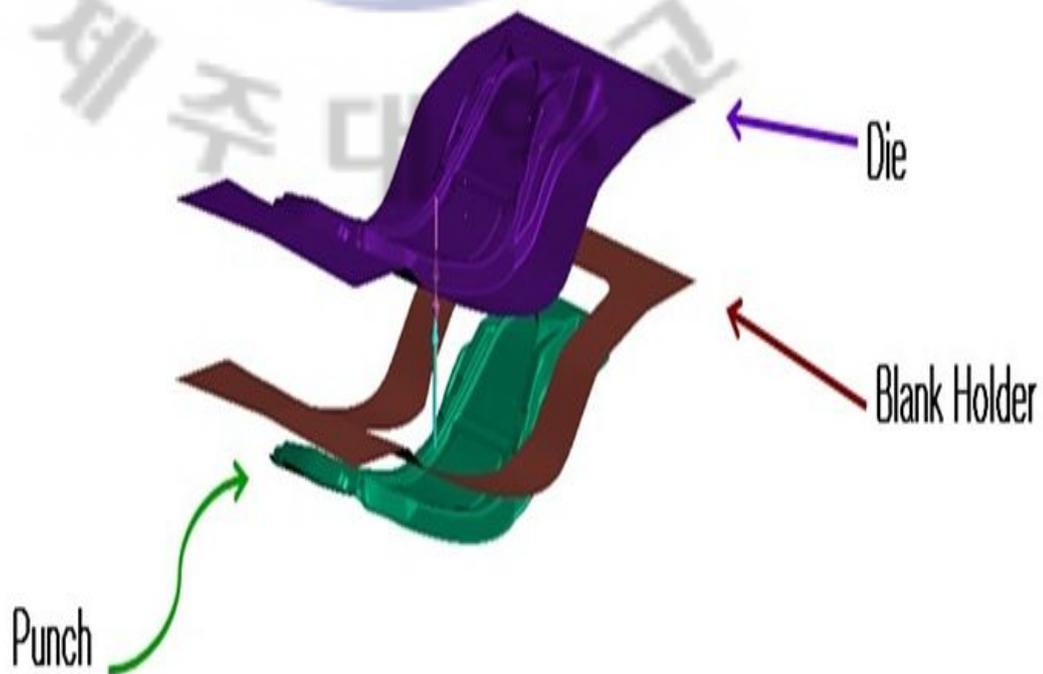


Fig. 1 Tool setting

3. 1. 2 성형해석

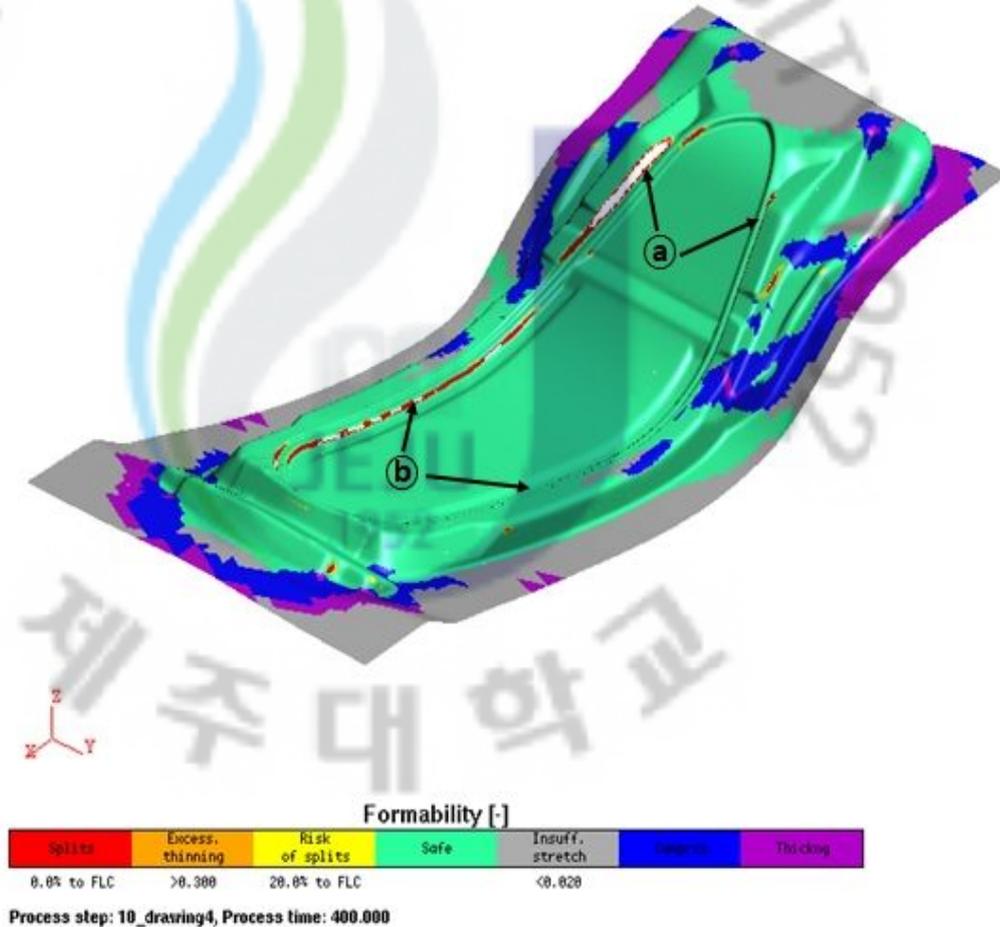


Fig. 2 The final results of formability distribution
(depth : 400mm, no lancing)

Fig. 2는 위의 Fig. 1의 툴 셋팅을 사용하여 성형 깊이 400mm까지 성형 해석한 최종 성형한 그림이다. Fig. 2에 나온 Formability는 평면 변형률 상태에서의 성형상태를 나타내는 성형성으로 성형 한계도와 연관되어 성형된 제품의 성형상태(파단, 성형 안전성, 주름발생) 등을 나타낸다. Fig. 2의 적색으로 표시된 ㉠부분과 ㉡부분의 성형상태가 파단이 대칭적으로 일어났으며, 이는 ㉠부분과 ㉡부분이 재료 유입이 원활하지 않은 결과라 판단된다.

위와 같이 파단이 생기는 것을 해결하는 방안으로는 파단이 일어나는 부분에 다이 어깨부 곡률반경을 확대하는 방법이 있으나 다이의 형태가 바뀔 경우 제품의 형상 또한 영향을 미치고 이로 인한 원가상승과 개발기간 연장이 우려되므로 다른 공법의 모색이 필요하다.

다이를 변형 없이 제품을 만드는 방법 중 하나로 랜싱 공법이 있으며 위 공법은 다이의 변형 없이 블랭크의 유동을 원활히 함으로서 성형성을 향상 시킬 수 있다. 그러나 랜싱 공법은 최적의 성형의 깊이를 고려하지 않으면 응력집중, 스프링 백 등의 소재의 부적절한 유동성 현상이 발생되므로 랜싱 공법을 사용하기 위해 적절한 랜싱의 위치와 랜싱을 적용할 성형 깊이를 알아야 한다. 본 논문에서는 성형해석기법을 활용하여 최적의 랜싱조건을 알아내어 랜싱공법을 개발하고자 노력하였다.

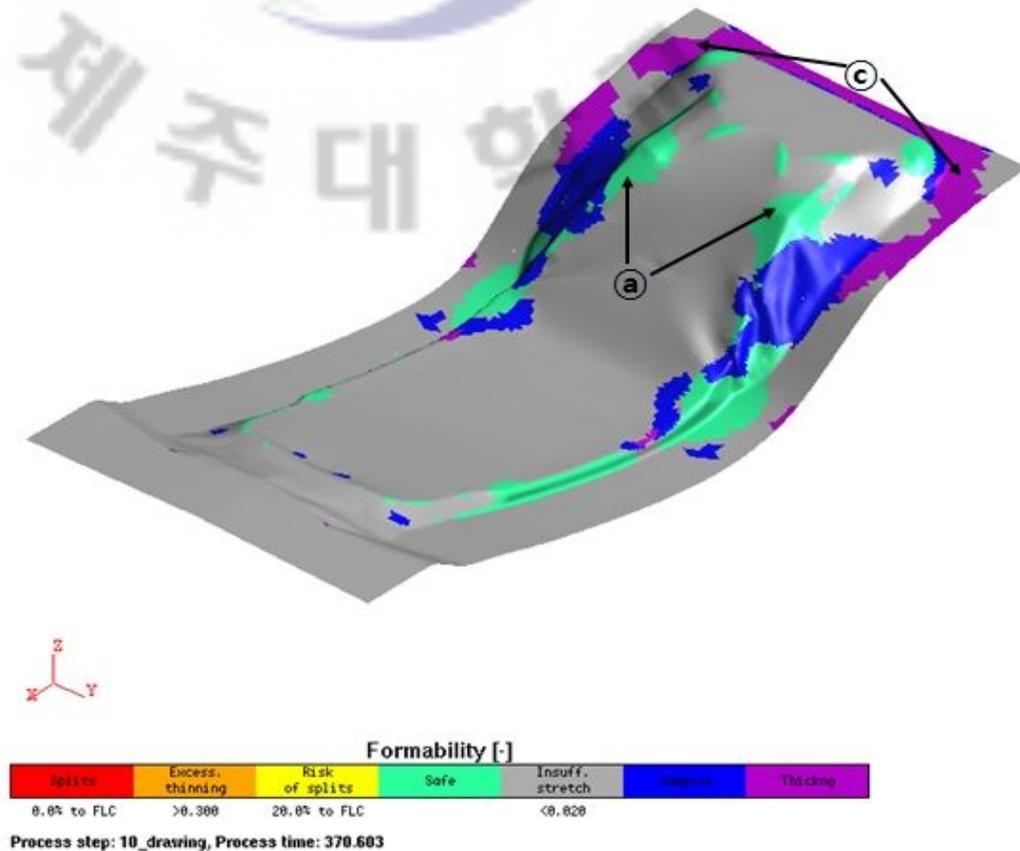


Fig. 3 Formability distribution (depth : 370mm, no lancing)

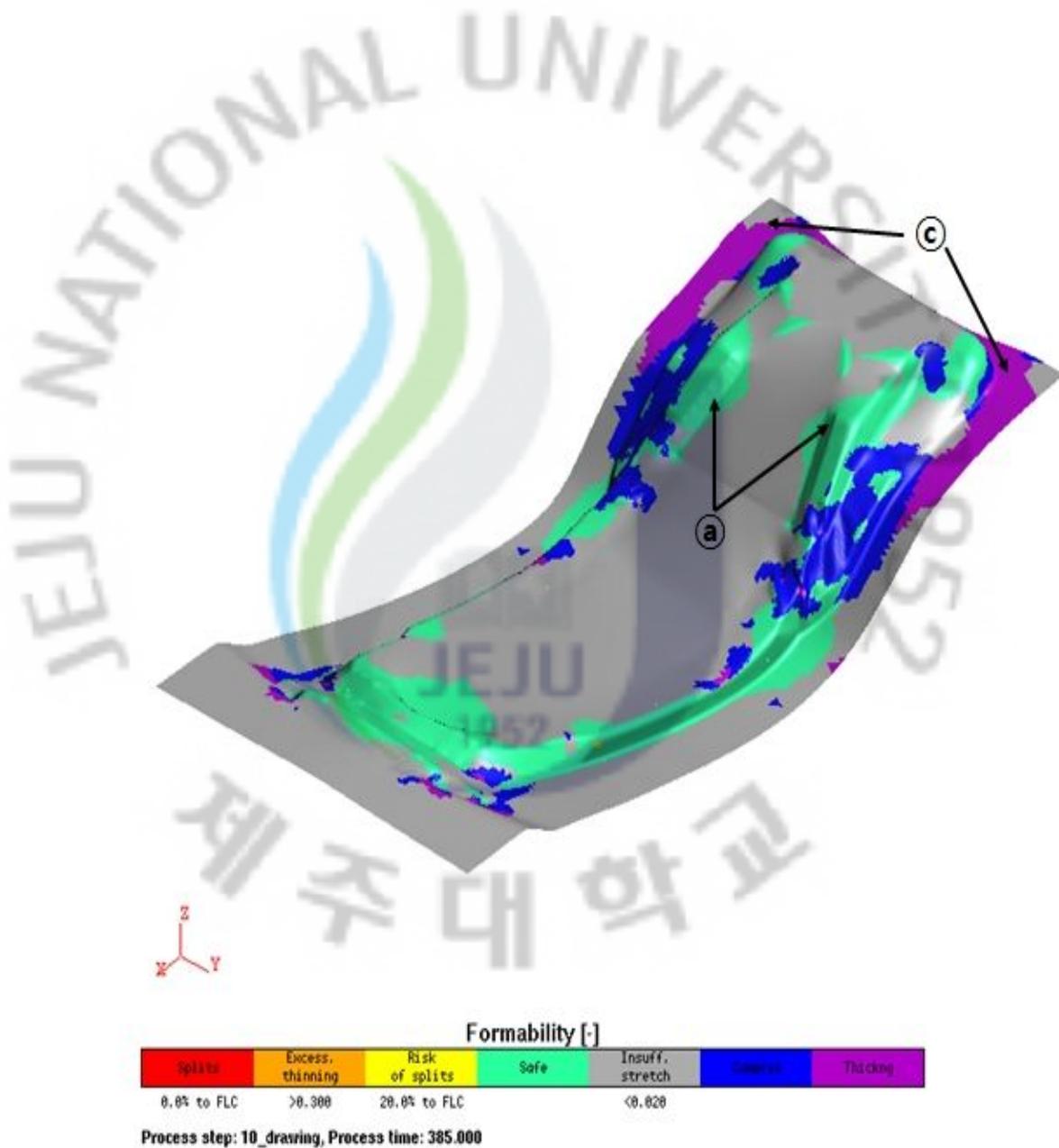


Fig. 4 Formability distribution (depth : 385mm, no lancing)

Fig. 3는 370mm의 성형 깊이에서 성형해석을 수행 하였고, Fig. 4은 385mm의 성형 깊이에서 수행한 결과이다. 성형 깊이가 커질수록 Fig. 3의 ©부분이 압축응력에 의해 블랭크의 두께가 증가 된다는 것을 알 수가 있다. 이는 @부분과 ©부분 사이에 소재유동이 진행 되었다고 판단 할 수가 있다. Fig. 4(385mm)까지는 소재가 파단이 일어나는 부분이 없고, Fig. 2와 비교하여 보면 아직 완벽한 형상을 갖추지 않은 상태이다.

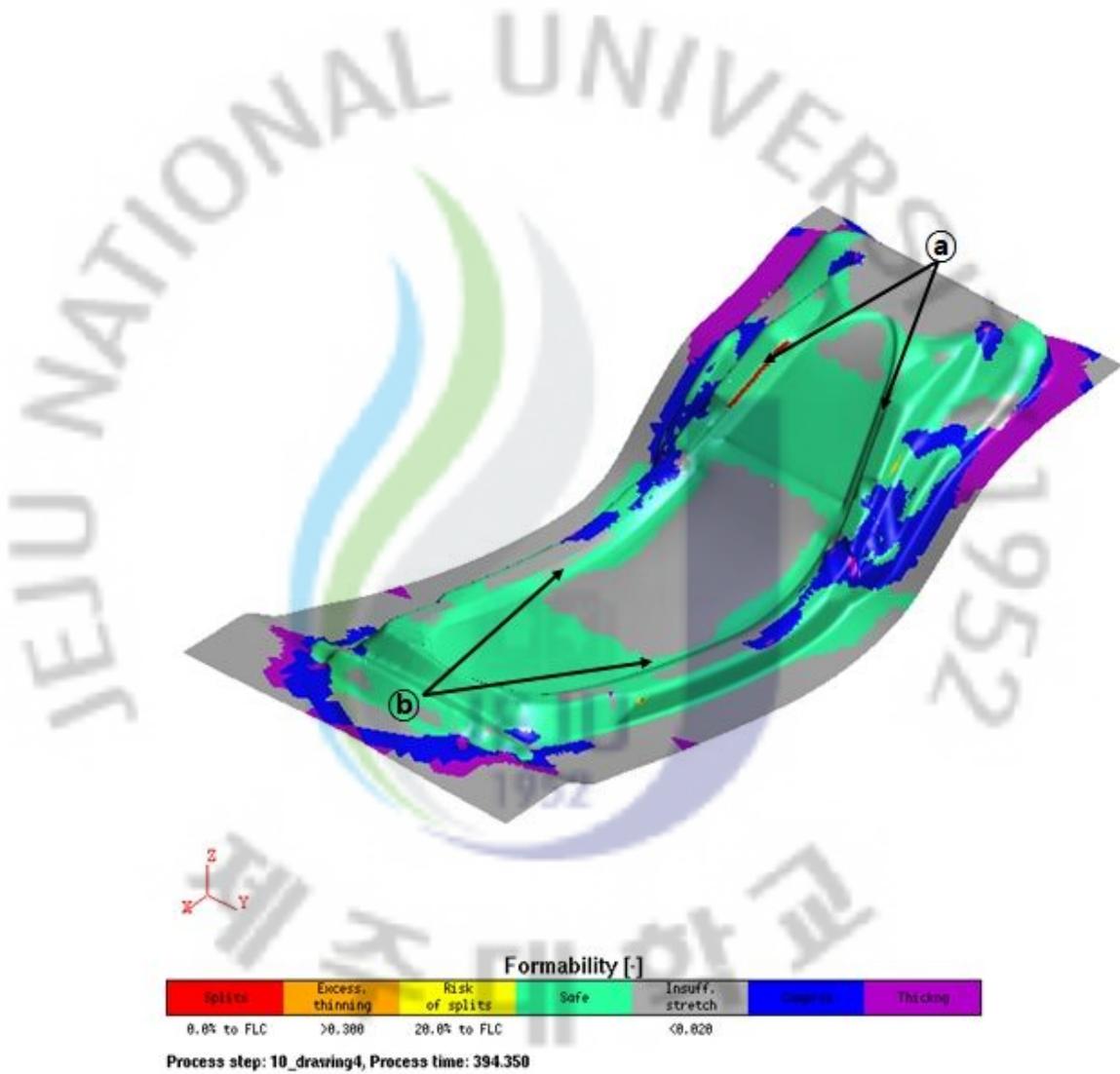


Fig. 5 Formability distribution (depth : 394mm, no lancing)

Fig. 5은 성형 깊이가 394mm까지 가공이 진행이 되었으며, Fig. 2의 ㉠부분에서 적색부분이 관찰이 되어 파단이 발생하고 나머지 부분에는 성형에는 문제가 없음을 알 수 있다. ㉠부분에서는 소재의 변형이 더욱더 진행될 것을 예상할 수 있다. Fig. 2는 최종 성형 깊이인 400mm까지 성형을 한 형상이며, 성형이 더욱더 진행이 되어 ㉠, ㉡부분이 파단이 일어났다. 위의 그림들의 성형과정에서 변형 진행과정을 미루어 보아 랜싱공법은 성형 깊이 395~400mm 사이에 적용하는 것이 타당할 것으로 판단되어 396mm를 랜싱깊이로 결정하였다. 그리고 Fig. 2의 ㉠, ㉡부위에서 파단이 일어나므로 이를 고려하여 랜싱위치와 길이를 결정하여야 한다.

3-2. 트로프 판넬의 성형해석 결과

3-2-1 성형깊이 해석 결과

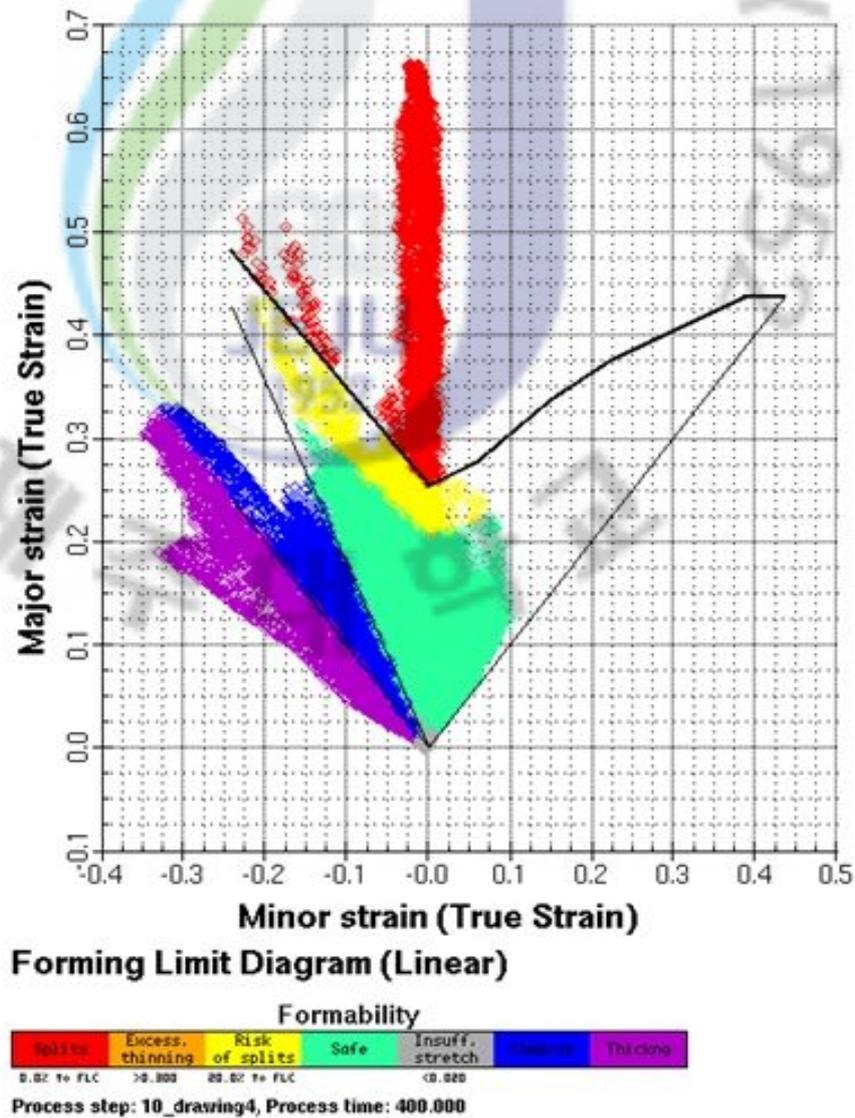


Fig. 6 FLD Diagram (no lancing)

Fig. 6는 랜싱 공법을 적용치 않은 성형해석의 성형한계도를 나타낸 것으로 파단이 심각하게 일어남을 알 수 있다.

3-2-2. 랜싱 분석

위의 내용과 같이 랜싱 공법을 적용 안하고 소재의 변형에 대하여 관찰한 결과를 토대로 살펴본 결과 아래와 같은 결론을 도출 할 수 있었다.

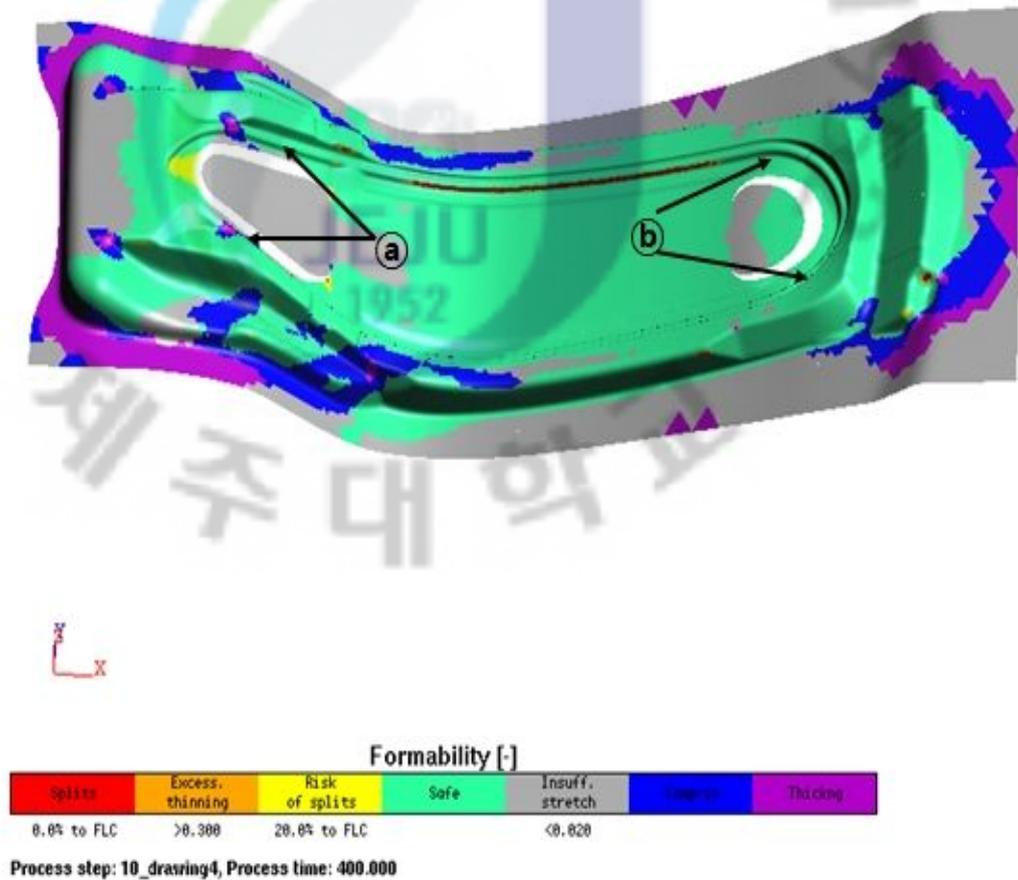


Fig. 7 Formability distribution (depth : 400mm, lancing)

Fig. 7와 같이 랜싱 공법을 적용하여 파단이 일어났던 부분은 랜싱에 의해 소재의 유동이 원활히 진행되어 터짐현상이 억제 되었고, 성형 깊이가 깊어짐에 따른 두께 변형률의 차이도 많이 줄어들었다고 판단할 수 있다. 그리고 성형 상태 또한 더 안정적임을 알 수가 있다.

IV. 바디필라 판넬의 성형해석

4. 1 바디필라 판넬의 성형 조건

4. 1. 1 금형 SETTING

Fig. 8은 바디필라 판넬의 성형을 위한 금형의 셋업 위치를 나타낸 것이다.

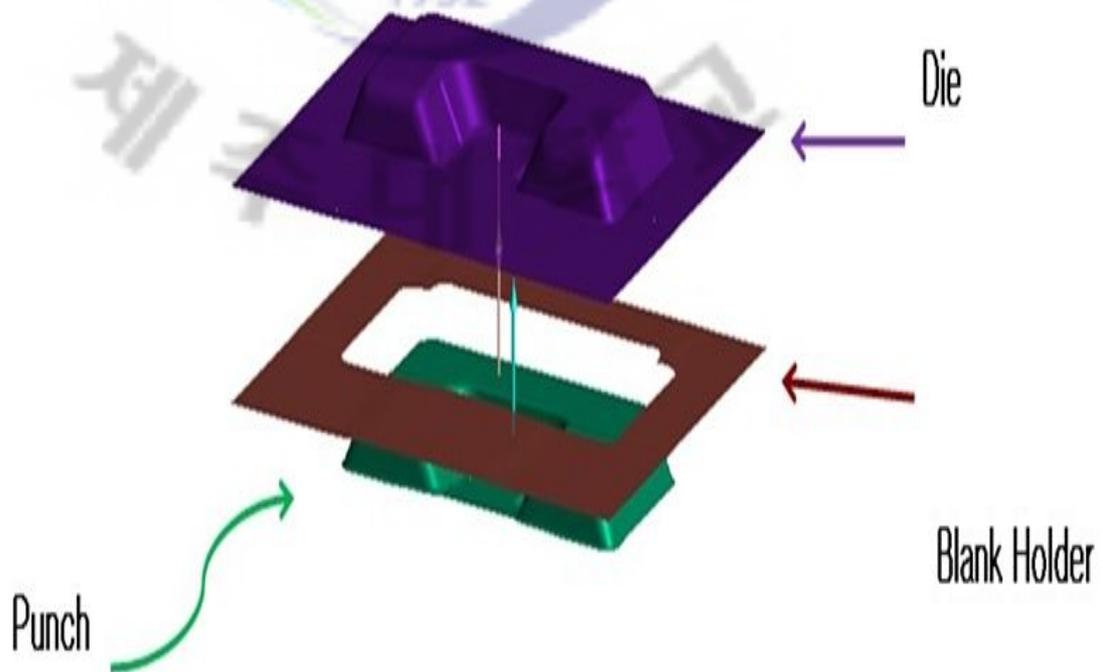


Fig. 8 Tool setting

4. 1. 2 성형해석

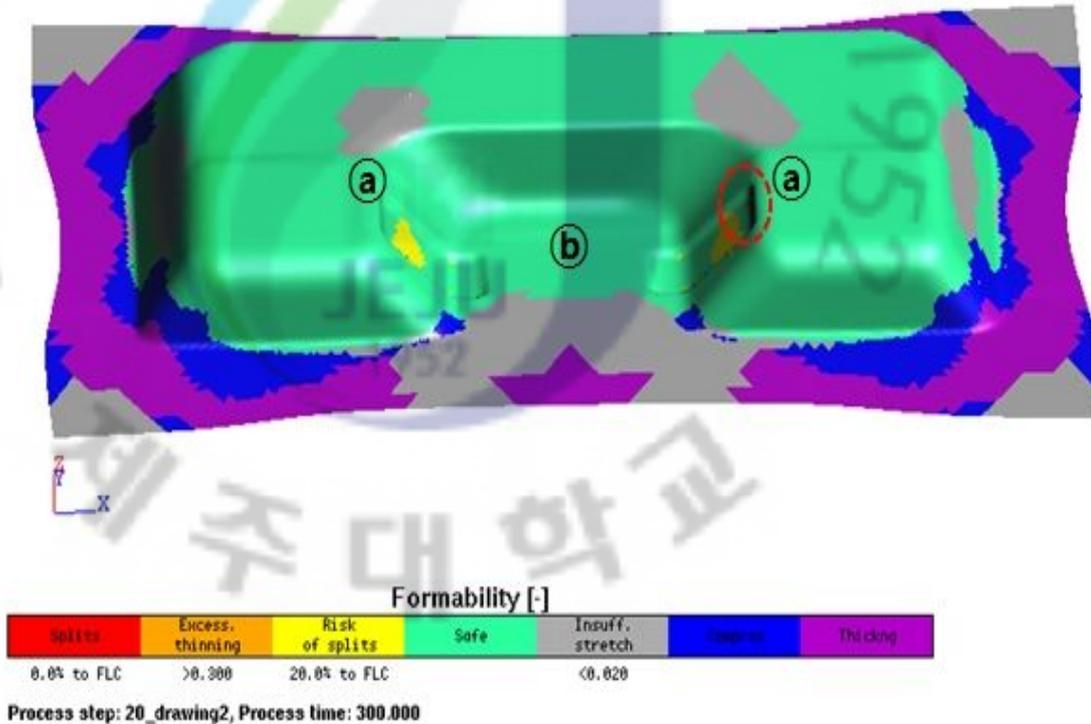


Fig. 9 The final results of formability distribution
(depth : 300mm, no lancing)

Fig. 9은 성형 중에 체적 불변인 초기 블랭크를 이용한 성형해석 결과이다. Fig. 9의 ㉠부분을 기준으로 붉은색 구간으로 나타나는 좌, 우 대칭인 곳에 제품의 파단이 일어날 가능성이 높다는 것을 알수 있었으며, ㉠부분에서 재료의 유입이 원활하지 않은 결과라고 판단 된다. ㉠부분을 제외한 블랭크홀더에 위치한 ㉡는 트리밍(trimming)을 하여 스크랩으로 버리는 영역이므로 성형시 크게 고려하지 않는 부분이며, ㉠과 ㉡를 제외한 다른 부분에서는 성형성이 양호하다는 것을 알 수가 있다. ㉠부분의 터짐 문제점을 해결하는 방안으로는 다이 어깨부 곡률반

경을 확대하는 방법을 고려할 수 있으나, 이는 제품의 형상에 영향을 미치므로 경우에 따라서는 불가능 할 수도 있다. 따라서 랜싱공법을 이용하면 제품의 형상을 변경하지 않고 판넬재료의 유동을 원활히 하여 성형성을 향상 시킬 수 있다. Fig. 9의 ㉔부분 사이에는 스크랩으로 부분이므로 이 부분에 랜싱을 수행하면 재료 상호간의 인장력이 감소되어 재료의 유입이 원활 하리라고 판단된다.

4-2. 바디필라 판넬의 성형해석 결과

4-2-1 성형깊이 해석 결과

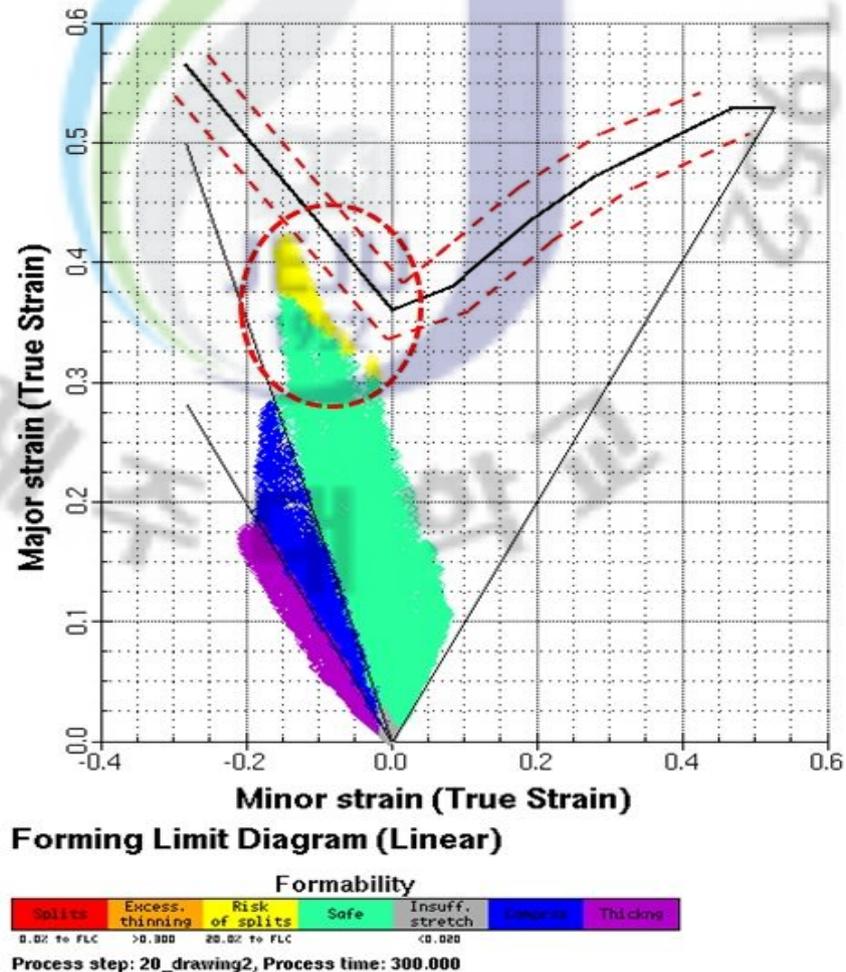


Fig. 10 FLD Diagram (no lancing)

Fig. 10은 최종제품의 성형해석 결과에 대한 FLD선도이며 Formability는 재료의 성형성을 나타내는 말로 평면 응력 상태에서의 성형성 한계를 나타내는 성형한계도와 연관이 되어있다.

4-2-2 랜싱 분석

깊이가 너무 적은 조건에서 블랭크에 랜싱을 행한 후 제품을 성형할 경우 재료의 지나친 유입과 랜싱 가장자리에서 응력집중에 의한 찢어짐 현상이 나타남으로 인해 스프링백 등과 같은 현상으로 제품의 품질을 저하시킬 수도 있다. 바디필라 판넬의 랜싱 적정위치와 성형깊이를 찾기 위해 각 단계별 성형과정을 살펴보면 아래와 같다.

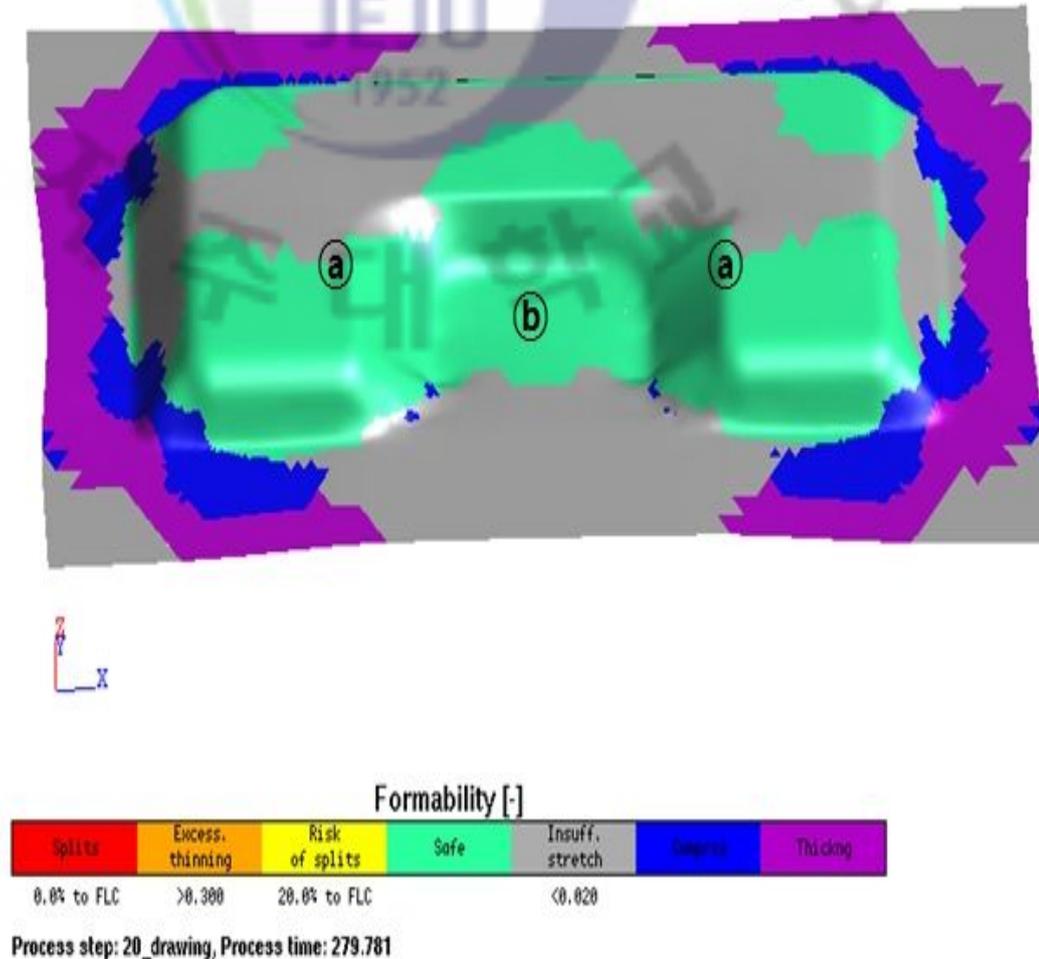


Fig. 11 Formability distribution (depth : 280mm, no lancing)

Fig. 11과 Fig. 9은 성형깊이가 각각 280mm와 300mm에서의 성형해석 결과를 나타낸 그림이다. 성형깊이가 280mm 인 경우 파단은 일어나지 않지만 제품의 형상부에서 세부형상의 성형이 시작되지 않은 상태로 재료의 파단 변형이 거의 없는 상태이다. 그래서 성형이 계속 진행 되어도 유동여력이 남아 있는 것으로 판단되므로 현 상태에서 랜싱의 수행은 적절하지 않다고 판단된다.

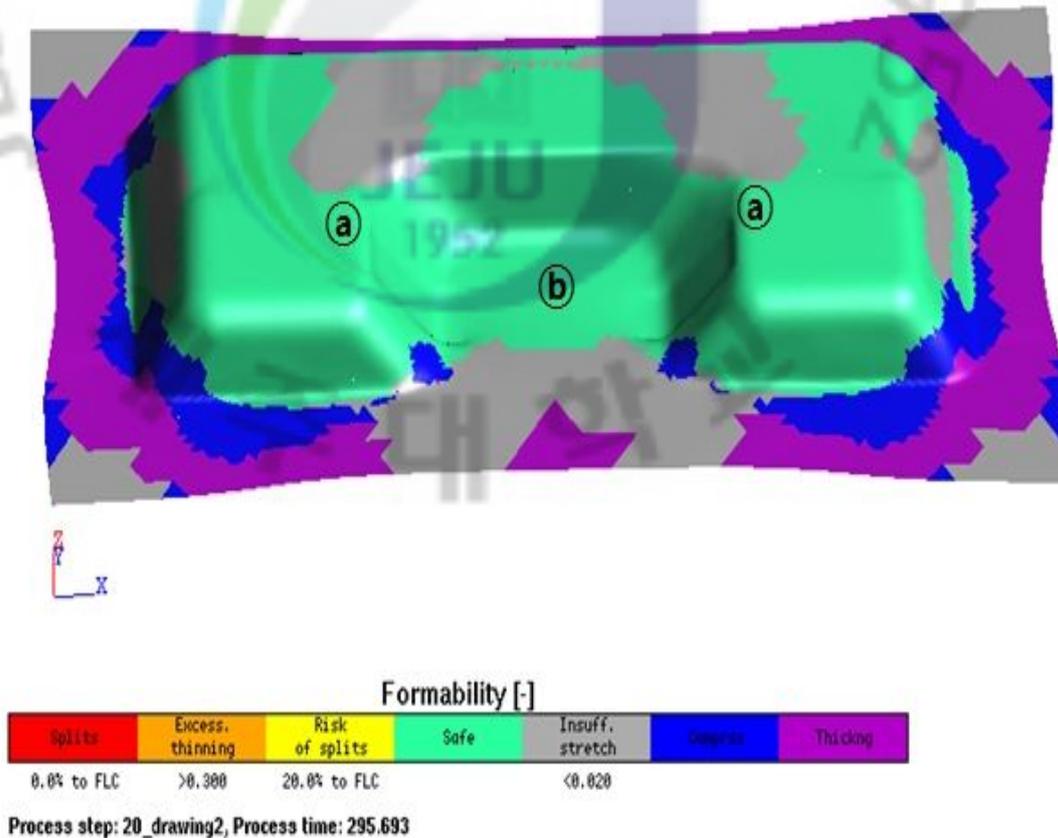


Fig. 12 Formability of no lancing (depth : 295mm)

위의 Fig. 12과 같이 성형깊이가 295mm인 경우의 성형상태를 살펴보면, ① 부분이 성형이 진행됨에 따라 소재의 유입이 억제되면서 드로잉과 스트레칭에 의한 제품 성형이 이루어지기 시작함을 알 수 있었고 ②부분 주변으로부터 소재

의 유입에 따른 상호 인장력의 증가로 인해 가공경화 현상이 발생하기 시작하여 차츰 재료의 유입을 억제하고, 이로 인해 ㉠부분에서 과도한 변형의 집중이 일어나고 있음을 알 수 있다. 따라서 제품의 성형 상태와 파단을 고려한 결과 성형 깊이가 295mm와 300mm사이에서 랜싱을 수행하는 것이 적절하다는 판단을 할 수 있었으므로 최적의 랜싱조건을 298mm에서 랜싱을 하는 것이 적합하다는 결과를 도출하였다.

아래의 Fig. 13은 앞의 결과를 바탕으로 성형 후의 제품에서 수행한 랜싱의 위치 및 길이를 나타낸 것이다.

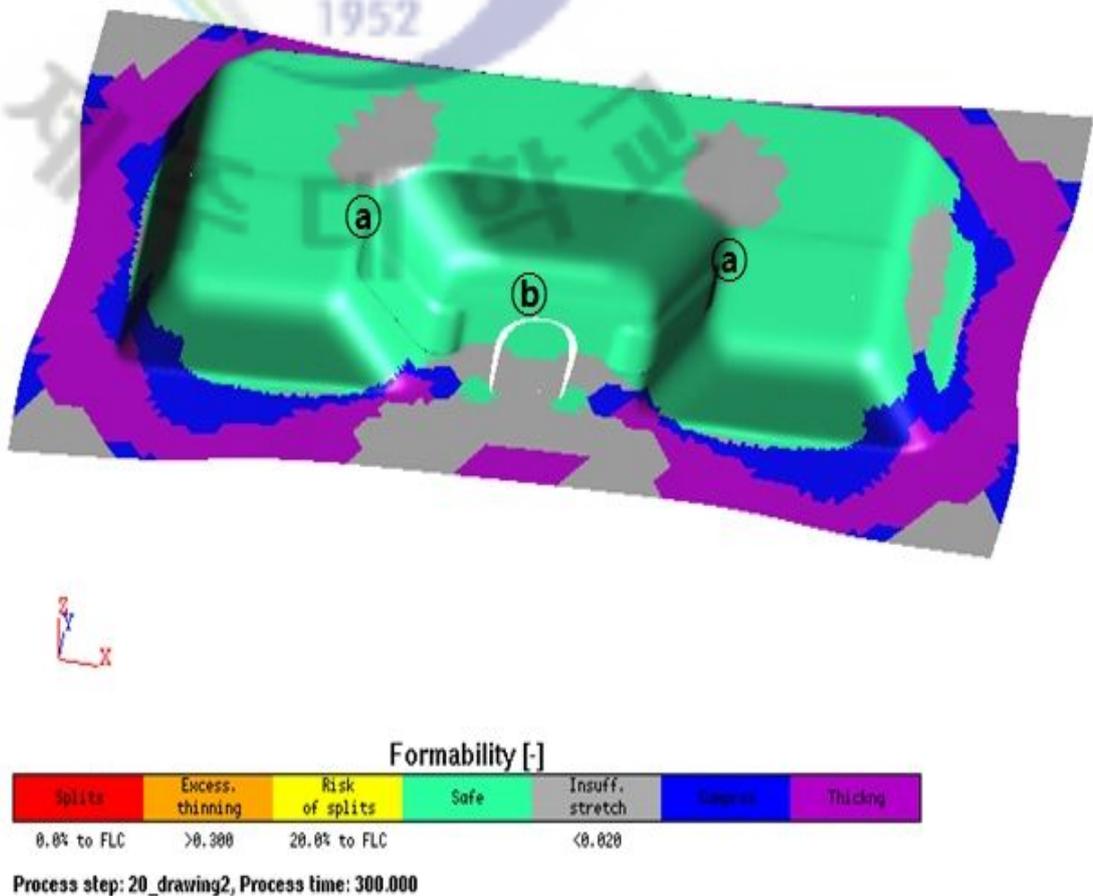


Fig. 13 Formability distribution (final, depth : 300mm lancing)

Fig. 9과 Fig. 13을 비교하여 보면 Fig. 9의 ㉠부분이 두께 변형율이 커서 파단의 우려 및 제품의 변형을 가져올 수도 있었지만 Fig. 13의 ㉡부분에서 랜싱을 수행한 결과 성형 깊이가 깊어져도 두께 변형율의 차이가 거의 없음을 알수가 있으며, 랜싱을 실시하지 않은 경우보다 랜싱 실시 후의 성형상태가 더 안정적임을 알 수 있다. 따라서 위에서 파악한 랜싱깊이와 랜싱형상 및 길이가 타당함을 알 수 있었다.

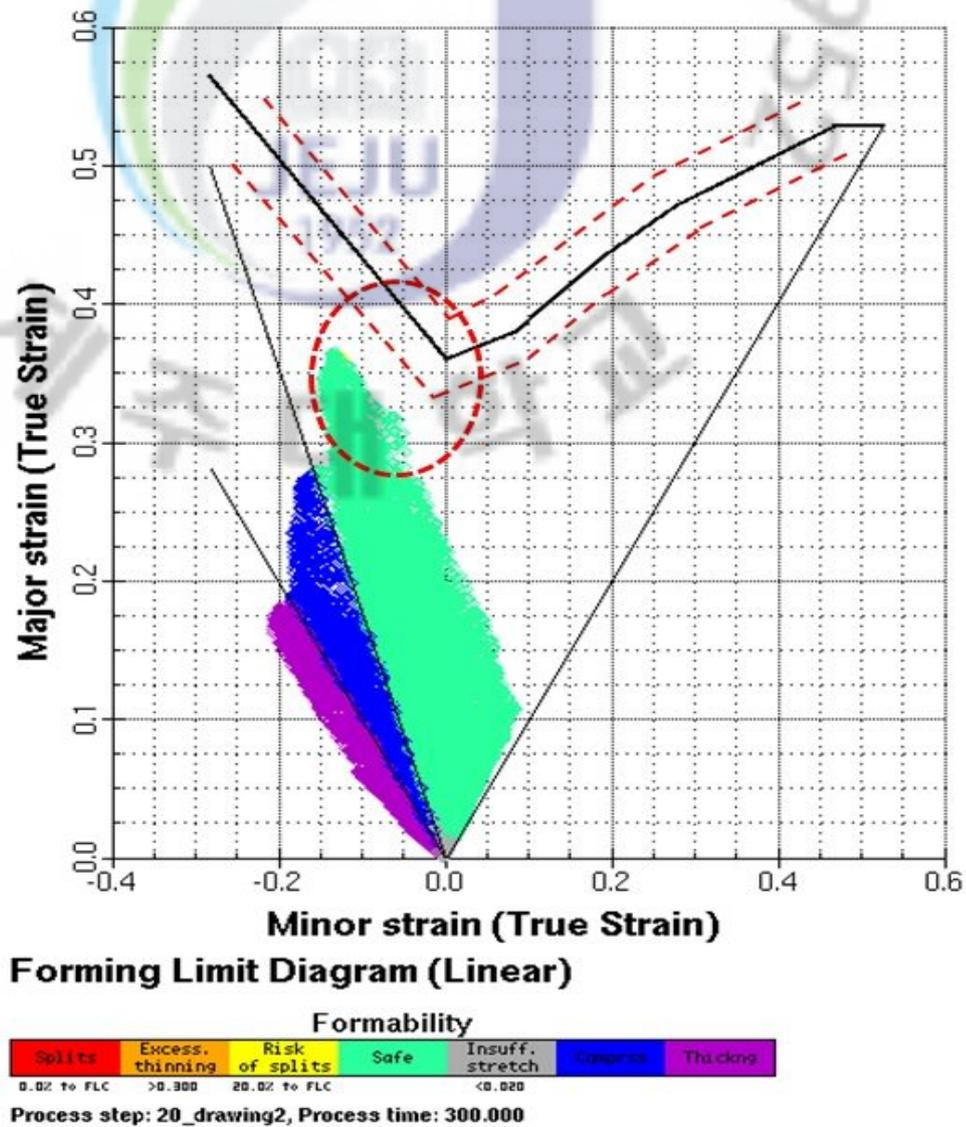


Fig. 14 FLD Diagram (final, lancing)

Fig. 14는 랜싱공법을 적용한 바디필라 판넬 성형해석의 성형한계를 나타낸 것이다. 위의 Fig. 10의 FLD선도와 Fig. 14의 FLD선도를 비교하면 Fig. 13의 ㉠부분에서의 두께 변형율, 소재의 유동, 성형의 안정성 면에서 랜싱을 수행 함으로써 파단이 방지가 되어 제품의 품질이 크게 향상이 되었다는 것을 알 수가 있다.

V. 결론

본 연구에서는 자동차 차체판넬인 바디필라 판넬 제품을 개발하기 위해 제품 및 금형설계의 변경이 필요 없는 랜싱공법을 도입하였으며, 랜싱의 최적의 조건을 찾기 위해 성형해석을 수행하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

위의 연구 결과의 도출을 통하여 성형해석을 통해 랜싱의 적정의 위치 및 성형깊이를 예측 할 수 있었으며 적정의 랜싱공법 적용은 두께 감소율 등의 제품 품질이 향상됨을 알 수 있었다.

트로프 판넬의 성형공법 연구에서도 랜싱 공법을 적용하지 않을 경우 성형깊이가 깊어질수록 블랭크의 가장자리 쪽에서 파단이 시작되고 과정이 더 경과되면 가장자리가 전체적으로 파단이 더욱더 진행이 되었다. 이 과정을 통하여 소재의 변형과 유동성을 파악했으며, 성형해석을 통한 적절한 랜싱의 위치 및 성형깊이의 예측이 가능하여 최적의 랜싱공법 적용이 가능하였다. 마찬가지로 트로프 판넬의 성형에서도 최적의 랜싱공법을 적용하므로써 소재의 두께 변형율 등이 개선이 되어 품질이 향상됨을 알 수가 있었다.

최종적으로 본 연구를 통하여 랜싱공법의 도입은 금형의 수정이 없이 제품의 성형이 가능하며 더 나아가 금형의 트라이아웃 기간을 단축 할 수 있다는 사실을 알 수가 있었다. 따라서 성형해석 기법을 이용한 랜싱공법 개발로 다른 차체 판넬에도 적용함으로써 프레스 금형 산업이 더욱 발전될 수 있을 것이라 판단된다.

본 연구를 통해 랜싱의 적정 위치, 성형 깊이 및 형상을 예측 할 수 있었으며 랜싱공법의 도입은 금형의 수정 없이 제품성형이 가능하며, 금형의 제작 기간 단축과 원가절감이 가능하여 산업현장에서 금형 개발에 많은 도움이 되리라고 판단된다.

VI. 참고문헌

- (1) Ko H. H., Jung D. W., Ahn H. G., Lee C. H., Ahn B. L. and Moon W. S., 2006, "A Study of Tool Planning for Forming Analysis in REF SILL OTR-R/L Auto-Body Panel Stamping Process," Journal of the KSPE, Vol. 23, No. 3, pp. 118-124.
- (2) Jung H. S. and Lee S. S., 2002, "Automatic Design Supporting System for Automobile Stamping Tool," Journal of the KSPE, Vol. 19, No. 8, pp. 194-202.
- (3) Shim H. B., Jang S. D. and Park J. K., 2004, "A Study on the Generation of Initial Shape for the Initiation of Optimal Blank Design Sequence," Transactions of Materials Processing, Vol. 13, No. 1, pp. 90-101.
- (4) Shim H. B., Lee S. H., Park J. K. and Kim H. U., 2003, "Development of Stamping Process Optimization System: Integration of Optimal Blank Design and Optimal Nesting," Proceedings of 2003 Spring Conference on the Korean Society for Technology of Plasticity, pp. 283-287.
- (5) Chung W. J., Park C. D., Song Y. J. and Oh S. W., 2006, "Trimming Line Design using Incremental Development Method and Finite Element Inverse Method," Transactions of Materials Processing, Vol. 15, No. 6, pp. 445-452.
- (6) Song Y. J. , Hahn Y. H, Park C. D. and Chung W. J., 2006, "Trimming Line Design of Auto-body Panel with Complex Shape Using Finite Element Inverse Method," Transactions of Materials Processing, Vol. 15, No. 6, pp. 459-466.
- (7) Hibbit H.D., Marcal P.V., and Rice J.R., 1970, "Finite element

formulation for problems of large strain and large displacements," Int. J. Solids Struct., Vol. 6, 1069-1089.

(8) SAE, METALS HANDBOOK "Forming," American Society for Metals, pp. 31-32, 1969.

(9) Jung, D. W. and Ko, D. L., "A Study on the Development of Lancing Process Method Using Forming Analysis", Trans. of the KSPE, Vol. 25, No. 1, pp. 171-177, 2008.

(10) Jung, D. W. and Ko, D. L., "A Study of Tool Planning for FRT-PLR-L/R Stamping Process by Using Forming Analysis," Trans. of the KSME(A), Vol. 32, No. 10, pp. 890-896, 2008.

(11) Marder, A. R., "The Metallurgy of Zine-coated Steel," progress in Metarial Science, Vol. 45, pp. 191-271, 2000.

(12) AutoForm User's Manual.

(13) 정동원, 안동규, 양동열, 이장희, "강소성 외연적 유한요소법을 이용한 자동차 박판제품의 성형공정에 대한 단면해석," 자동차공학회 제3권, 제3호, pp. 19-28, 1995.

(14) 정동원, 양경부, 김광희 "원형컵 드로잉 공정에 미치는 영향인자에 관한 실험적 연구", 소성가공학회, 제8권, 제5호, pp. 449-453, 1999.

(15) 이승훈, 양형일, 정동원 "딥 드로잉 공정에 미치는 영향인자에 관한 실험적 연구", 한국동력기계학회, 제7권 제2호, pp. 61-65, 2003.

감사의 글

부족한 부분이 너무 많지만 이 학위 논문 한편으로 석사관정을 되돌아보며 마침표를 찍으려 합니다. 배움의 과정은 끝이 없다고 합니다. 각자의 위치에서 최선을 다했고 또 다시 사회에 나가 이 열정으로 다시 한번 도전하려 합니다. 논문 한편이 대학원 생활의 전부를 표현 할 수 없지만 이 결실은 여러분들께 보여드릴 수 있어 다시 한번 저는 행복함을 느껴봅니다. 지난 대학원 시간을 되돌아보며 현재에 만족하며 안주해 있었던 제 자신에 대해 다시 한번 생각하게 되었고 모든 것이 지금의 저에게는 큰 의미로 다가오는 미래의 시간을 기대하게 하고, 그 기대감에 마음을 설레게 합니다. 그 동안 함께 했던 분들께 이렇게 감사의 마음을 전하는 것 또한 즐거움으로 기억 될 것입니다.

이 논문이 완성되기까지 부족한 저에게 논문 지도와 더불어 학문적 지식을 가르쳐 주시고 이끌어 주신 정동원 지도교수님과 바쁘신 시간에도 논문을 심사해 주신는 교수님들께도 머리숙여 다시 한번 감사를 드립니다. 그리고 대학원 교수님들께 자주 찾아뵙진 못했지만 저를 위해 아낌없는 격려와 관심으로 이끌어 주신 데에 대해 감사를 드립니다.

늦선 제주도에서 늦게 학업을 다시 한다는 것은 저에게는 어려운 도전이라고 할 수 있었습니다. 그런 저에게 있어서 함께 했던 선배님, 후배님들 그리고, 특히 대학원에 같이 입학하여 수업도 듣고, 생활했던 대학원생들께 감사의 마음을 전하며, 헤어짐이 있으면 또 다시 만남이 있듯이 다시 사회에서 만날 그날까지 항상 건강하고 원하는 일들을 모두 이루기를 진심으로 기원합니다.

직장생활을 하면서 도전한 대학원의 과정은 앞으로 제가 살아가는데 큰 도움이 될 수 있는 기회의 과정 이었다고 생각합니다. 항상 현재의 위치에서 머물렀던 저를 앞으로 도약할 수 있게 만들었다고 생각합니다. 언제 어디서나 모든 이에게 귀감이 될 수 있도록 노력하는 모습은 보여드릴 수 있게 항상 노력하겠습니다. 감사합니다.