

Orientation

강의명: 소성가공 (MSA0026)

정영웅

창원대학교 신소재공학부

YJEONG@CHANGWON.AC.KR

연구실: #52-212

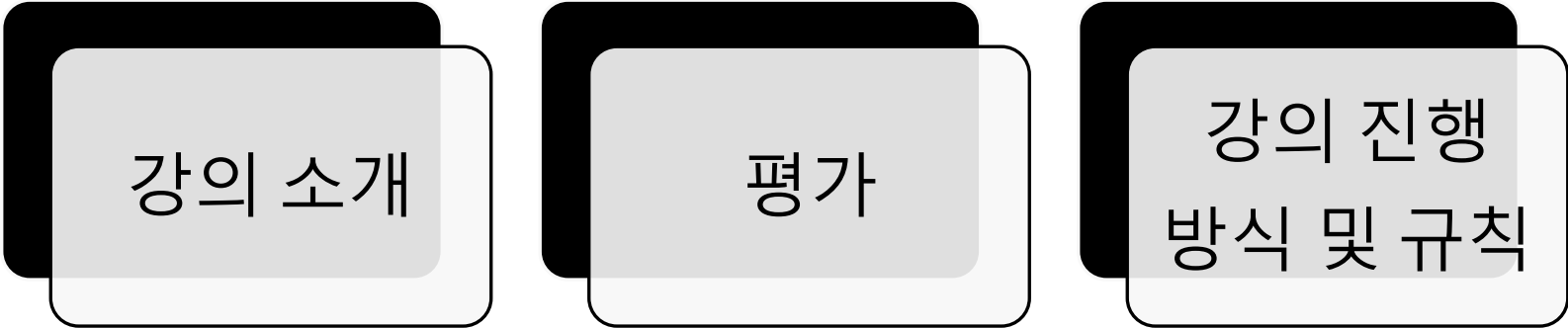
전화: 055-213-3694

HOME PAGE:

[HTTP://YOUNGUNG.GITHUB.IO](http://YOUNGUNG.GITHUB.IO)



Outline



강의 소개

평가

강의 진행
방식 및 규칙

강의 소개

- 시간
 - 수 (52401) 9:00 am – 10:15 am
 - 월 (52401) 10:30 am – 11:45 am
- 15주 (9월 1일 개강)

평가

- 등급 평가 (ABCDF)

- 중간 기말 고사

- 학생의 이해도를 평가할 수 있는 '기술' 문항
- 다양한 수준의 문항으로 이루어진 중간/기말 (낮은 난이도 및 높은 난이도 문항 모두 출제)
- 수업 중 다루었던 내용을 주로 출제하나, 난이도 높은 문항은 수업 내용의 응용 가능하여야 풀이 가능
- 중간 기말 고사에 국문을 주로 출제하나, 때때로 영문 문항도 출제 가능함

- 출결

- 뒤의 internal policy를 따른다.

Internal Policy

- (대면수업) 지각
 - 수업시간 시작+10분 < 도착 < 수업시작+30분
- (비대면수업) 지각
 - 창원대학교 비대면 수업 방침에 따름
- (대면수업) 결석
 - 수업 시작 시간을 30분 초과하여 나타나거나, no-show
- (비대면수업) 결석
 - 창원대학교 비대면 수업 방침에 따름
- ¼ 이상 결석시에 자동으로 F 학점 부여 (창원대학교 학칙)
- 평가
 - 출결 (10%)
 - 과제/Quiz (20%)
 - Mid-term (30%)
 - Final (40%)
- 강의자료

<https://youngung.github.io/teaching/>



Chapter1 Introduction

강의명: 소성가공 (MSA0026)

정영웅

창원대학교 신소재공학부

YJEONG@CHANGWON.AC.KR

연구실: #52-212 전화: 055-213-3694

HOMEPAGE: [HTTP://YOUNGUNG.GITHUB.IO](http://youngung.github.io)

Shaping & Forming

Forming products

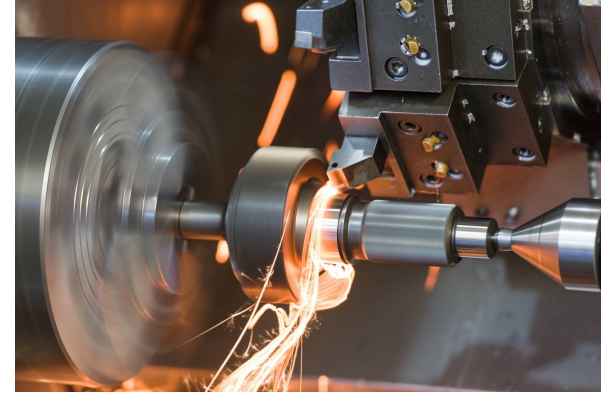


Casting products



소성 가공?

<http://lasvegasmachineandfab.com/precision-machining-las-vegas/>



절삭 가공법의 한 예

■ 재료에 힘을 가해 원하는 형태로 가공하는 제조법.

Advantages:

- 재료의 손실이 거의 없다 – 절삭 가공 (machining)과 비교
 - Additive manufacturing에서 절삭가공법을 subtractive manufacturing으로 일컫기도 한다..
- 동일한 제품을 ‘대량’으로 생산하기에 적합
- 주물(casting)에 비해 치수 정확도가 높다.

■ 여러 소성 가공방법

- 단조(forging), 압연(rolling), 인발(drawing), 압출(extrusion), 프레스(press)가공

■ Q1. 소성이란? What is plasticity?

■ Q2. 탄성이란? What is elasticity?

■ Q3. 소성가공의 단점?

소성 가공과 물성

- 기계적 물성
- Q. 기계적 물성이란? (자극, 반응 사이의 연결고리)
- Q. 기계적 물성의 종류, 그리고 측정 방법
- Q. 기계적 물성을 나타내기에 적합한 물리량이 무엇일까?
- 소성 가공에서의 물리량? 힘, 변형, 탄성계수 (힘과 변형률의 연결고리) 등등.

<https://ko.wikipedia.org/wiki/물리량>

물리량(物理量)은 물리학에서 대상이 되는 양으로, 측정 가능한 물리학의 양이거나 종종 수치 값과 물리 단위(주로 SI 단위)의 곱으로 표현되는 측정의 결과치이다.

물리량에는 길이·면적·체적·질량(실제로는 무게), 밝음(광도나 조도), 소리의 강함과 높이, 온도 및 전류와 전압 등이 있다. 이와 같은 갖가지 물리량을 정확하게 측정하기 위해서는 그 양의 크고 작음을 길이로 바꾸어서 표시하는 경우가 많다.

예를 들면, 힘은 용수철의 탄성으로, 온도는 액체 등의 열팽창으로, 전류·전압은 전류에 의해 생기는 자기장(磁氣場)을 이용, 바늘의 움직임으로 표시된다. 대기압 등도 진공의 관 속에 있는 수은의 높이 즉, 길이로 직접 판독할 수가 있다. 물체의 부피는, 용기에 물을 가득 채우고 이것에 물체를 가라앉혀서 넘치는 물의 부피를 메스실린더로 측량하면 된다. 이 방법은 기원전에 아르키메데스가 발견한 것으로 결국은 길이로 대치함으로써 물체의 부피를 측정하고 있는 것이다. 물에 뜨는 물체의 무게도 넘치는 물의 무게로 측정이 가능하다.

물성과 물리 법칙

- Q. intensive property (세기 성질)와 extensive property (크기 성질)를 설명할 수 있는가?
- Q. 크기에 의존하지 않은 물리량은 무엇이 있는가?
- 물성을 나타내기 위해서는 해당 물질의 ‘크기’ (혹은 무게, 부피)에 의존하지 않은 물리량 (physical quantity)을 사용한다.
- 많은 경우, 물리 법칙은 크기에 의존하지 않은 물리량들간의 관계를 나타낸다.

응력 그리고 변형률

■ Q. 왜 응력과 변형률을 배울까?

■ Q. 한 물체가 가지는 응력과 변형률의 관계?

응력과, 변형률의 연결 고리

■ 한 물체의 **기계적 성질**을 구성모델 (constitutive model)로 표현한다. 구성 모델은 물체에 작용한 응력에 대해 어떤 변형률로 반응이 나타나는지 표현해낸다 (혹은 vice versa). 많은 자연의 법칙이 그렇듯이 '수학'이라는 언어로 표현한다.

■ 금속이 가지는 기계적 성질은 구성 모델로 표현되고, 그 구성 모델들은 '수학'이라는 '언어'로 쓰여져 있다.

■ 일차 함수 (선형), 혹은 더욱 복잡한 함수의 형태로 나타날 수 있다.

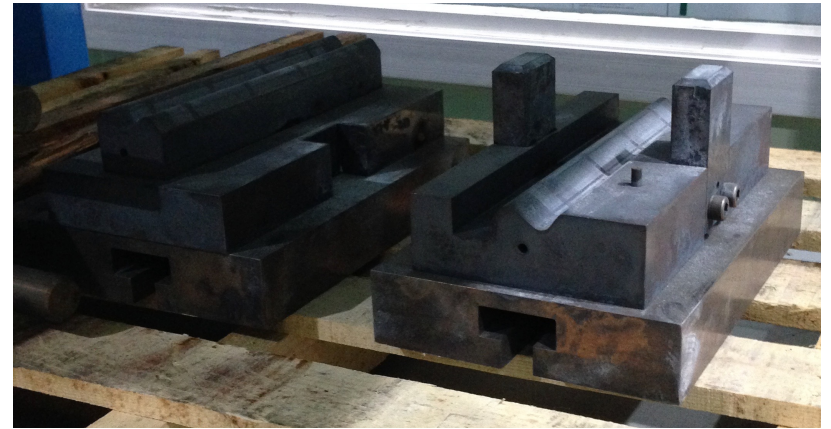
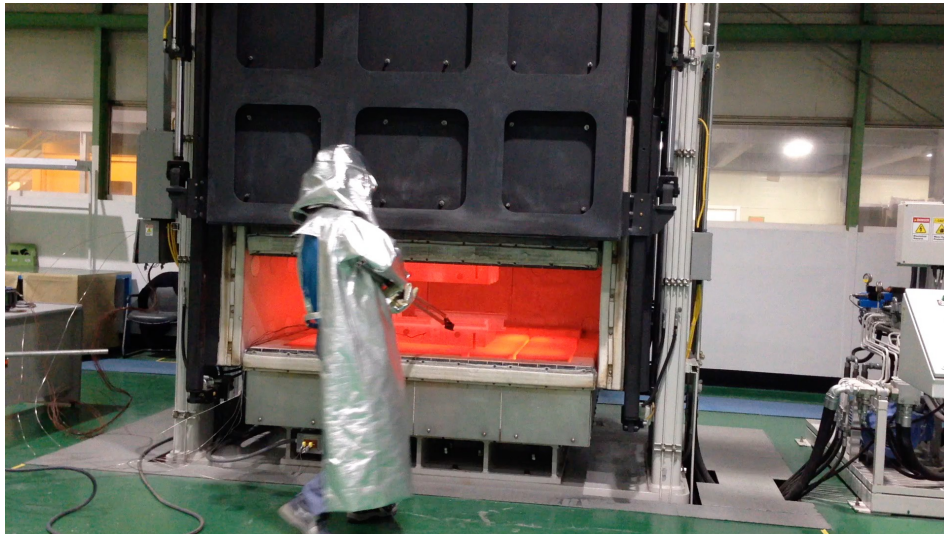
■ 앞으로 몇주간 금속의 기계적 성질을 표현하는데 가장 중요한 두 물리량, 응력(stress)과 변형률(strain)에 대해서 집중적으로 살펴본다.

창원과 소성 가공

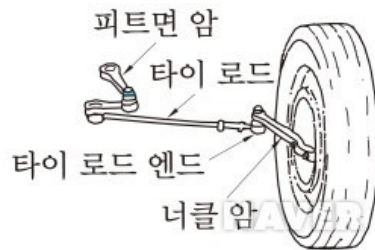
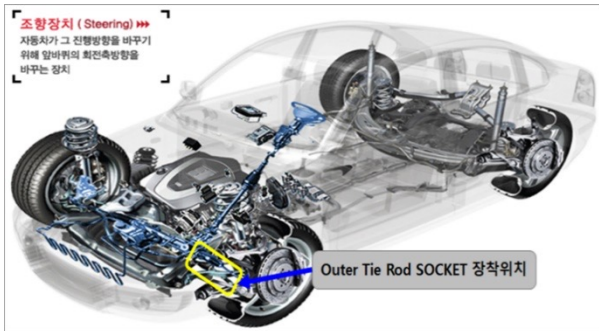
■ 창원의 지역 특수성

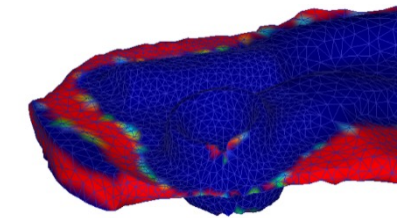
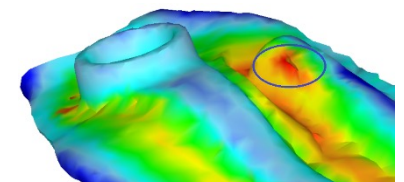
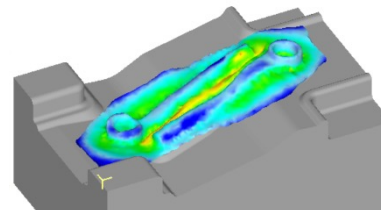
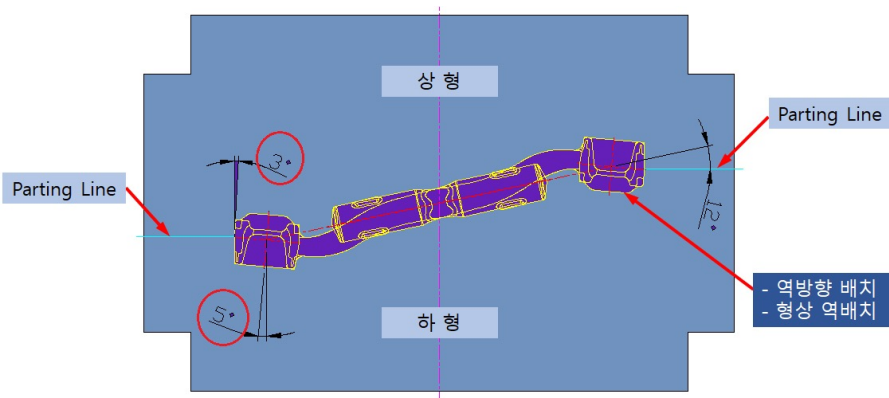
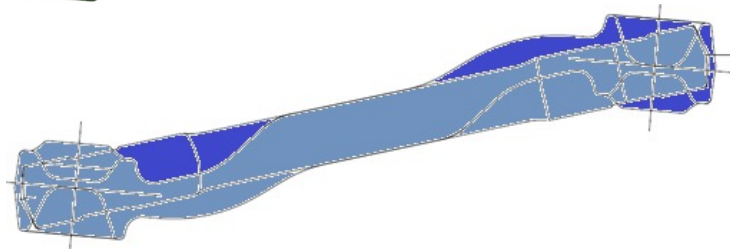
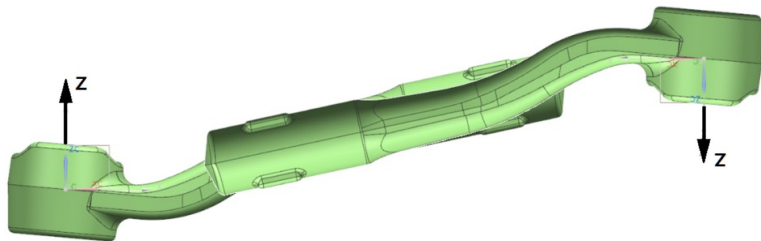
■ 예) 삼우공업 방문

- 다양한 Titanium 합금 소재 성형 솔루션이 필요.
- 합금 소재의 기계적 물성을 이해하는 전문성을 갖춘 인재가 필요.



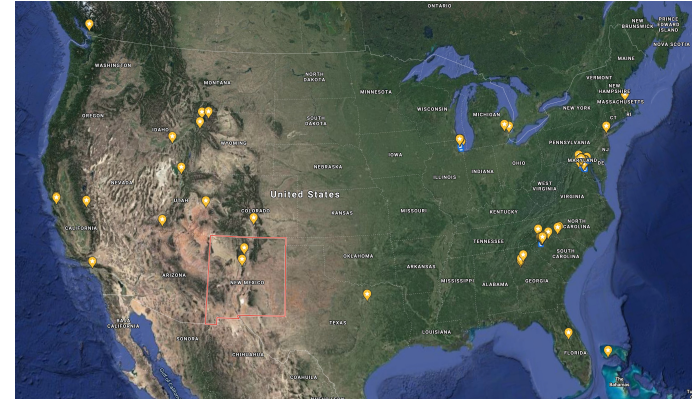
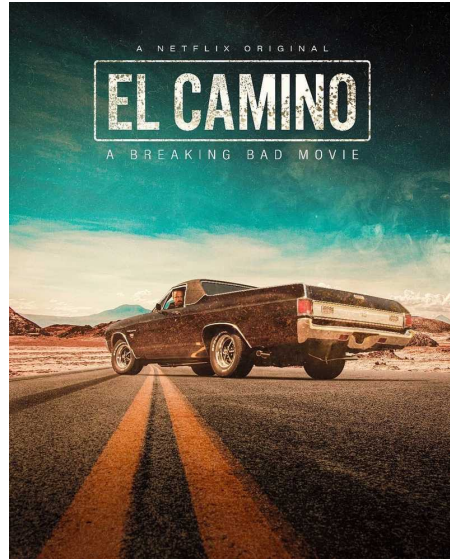
Forged products





US auto industry and culture

미국에서 자동차 및 자동차 산업이 갖는 의미



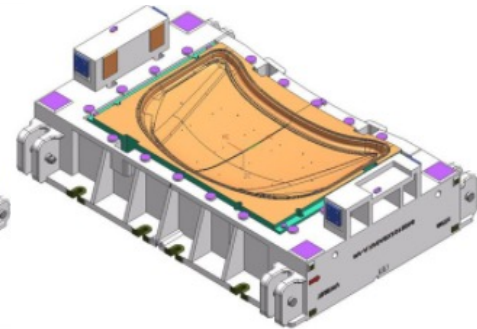
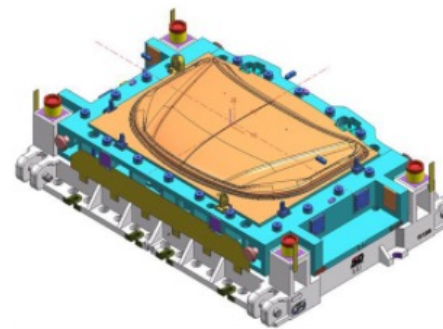
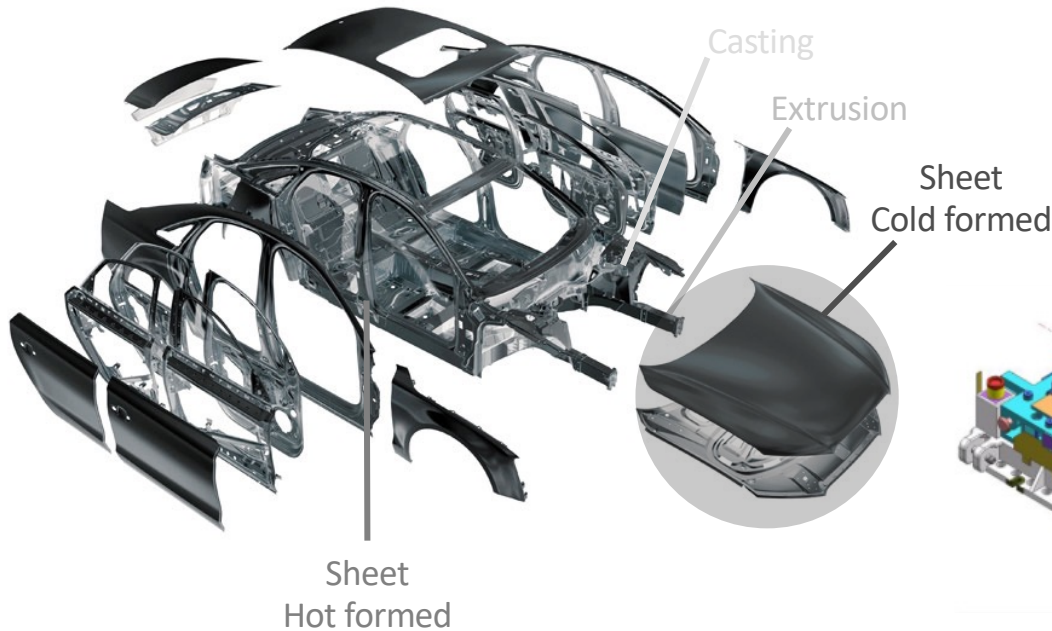
Metal forming and automotive industry

Mass production ...

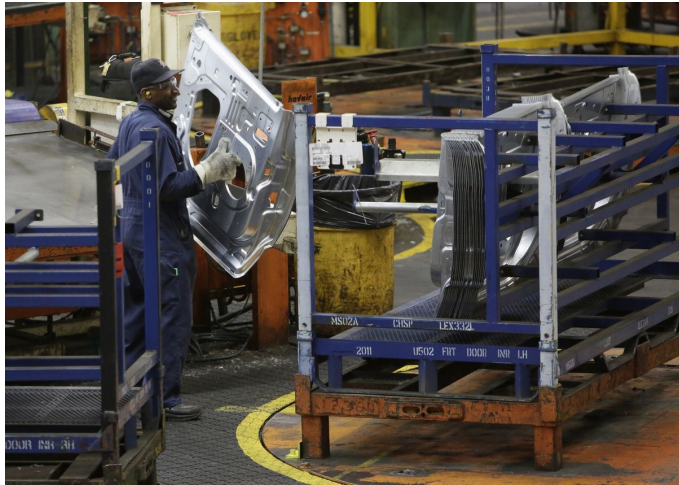


Manufacturing automotive parts

Audi A8



Modernized stamping lines



Modernized stamping lines



TESLA model Y



최신 소성 가공 연구 동향

- 기계, 자동차, 군수 등 다양한 제조 산업 업체
- 소성 가공 커뮤니티에서의 최신 연구 동향에 따르면 기계 및 열적 물성을 총체적으로 고려한 솔루션이 널리 요구되고 있다.
- 또한 컴퓨터를 활용한 예측 시뮬레이션의 개발과 이용이 날로 확장되고 있다.
- 과거에 소성가공은 기계 전공이 주였다면 현재는 복잡해지는 금속 소재의 특성을 이해하는 재료 전문 분야로 확장중.
- 지난 10년간 나의 연구 주제: 금속 소재의 미세 구조 (microstructure)가 물질의 기계적 물성에 끼치는 영향 파악. 그 반대로 (an inverse approach), 특정 기계적 물성을 향상 시키기위해서 어떤 미세 구조를 가져야 하는가?

Disney animation



1937, Snow White and Seven Drawfs.



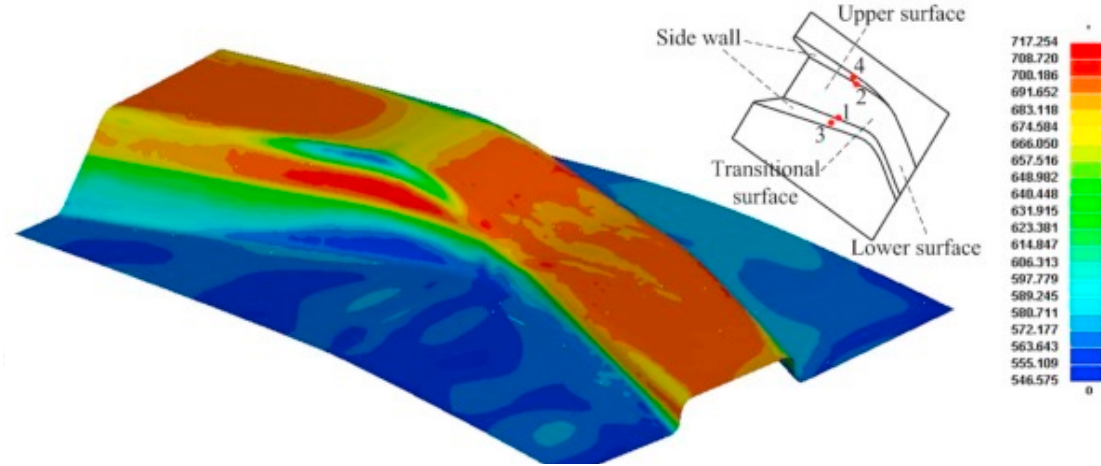
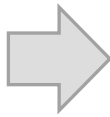
최신 소성 가공 연구 동향

■ 향후 연구주제: 버튼 하나로 제공되는 재료 맞춤형 소성 가공 예측 프로그램 개발

Tuning microstructure

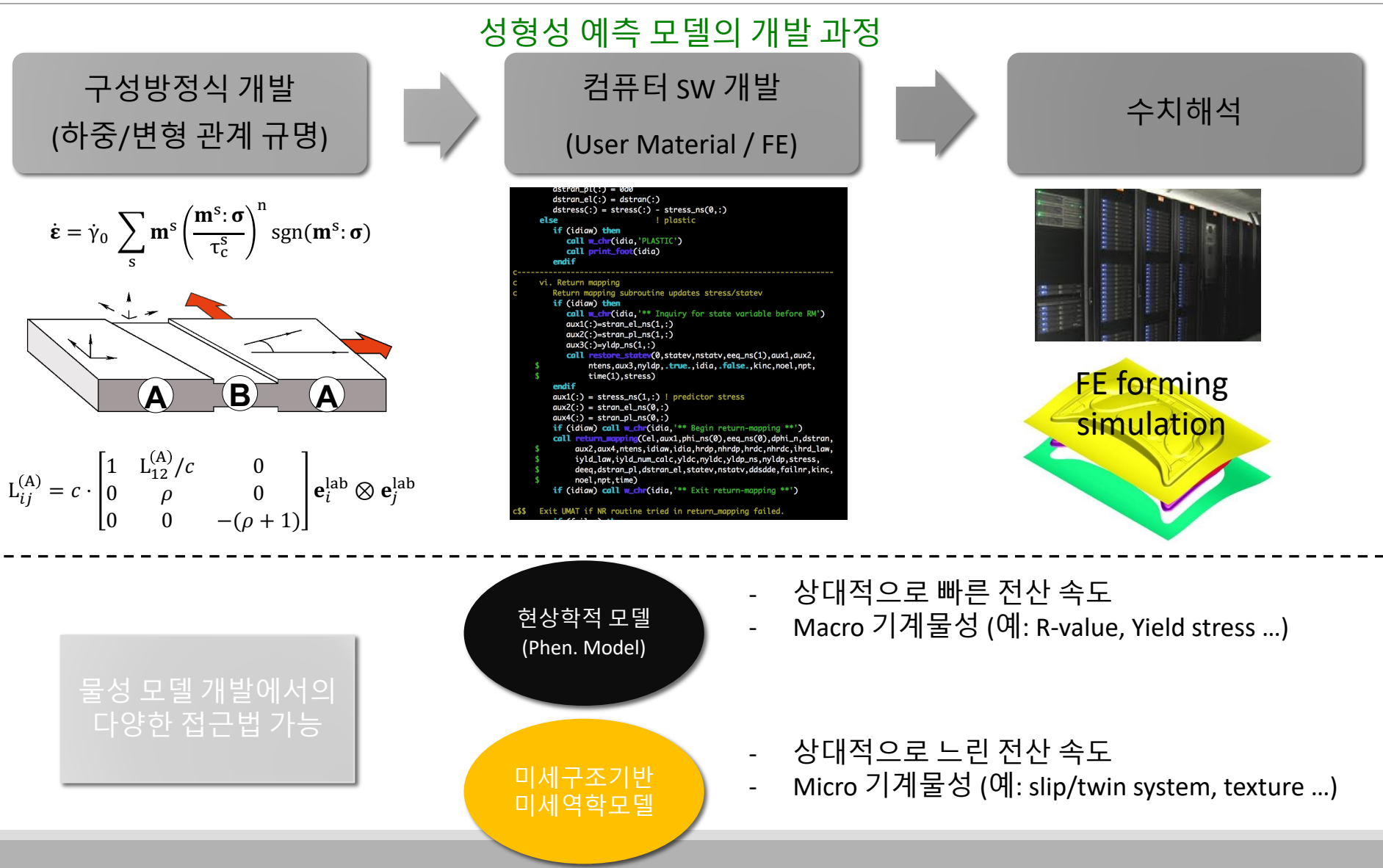


Grain size, CRSS
control,
crystallographic
texture, single
crystal structure,
dislocation density
...



Chang et al., Applied Thermal Engineering 99, 25, 2016 p419-428

금속 판재의 성형성 측정과 예측



Constitutive modeling

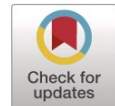
International Journal of Plasticity 135 (2020) 102812



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

International Journal of Plasticity

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/ijplas>



An efficient elasto-visco-plastic self-consistent formulation: Application to steel subjected to loading path changes

Youngung Jeong^{a,*}, Carlos N. Tomé^b

^a School of Materials Science and Engineering, Changwon National University, Changwon, Republic of Korea

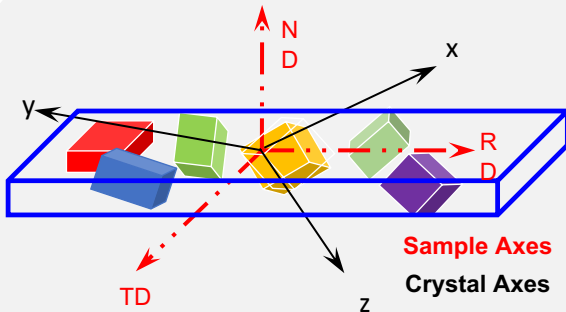
^b MST Division, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, USA

Statistical representation of polycrystal

Elasto-Visco-Plastic model

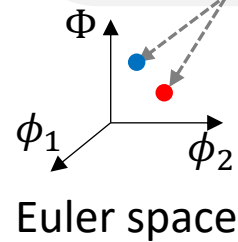
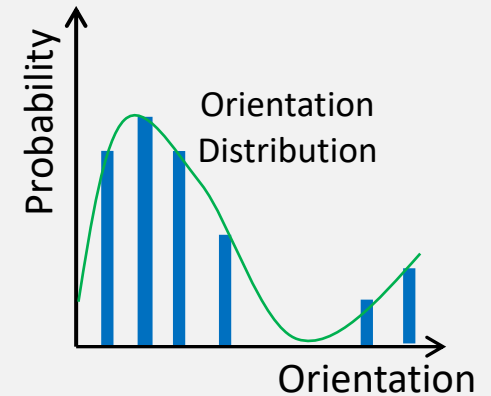
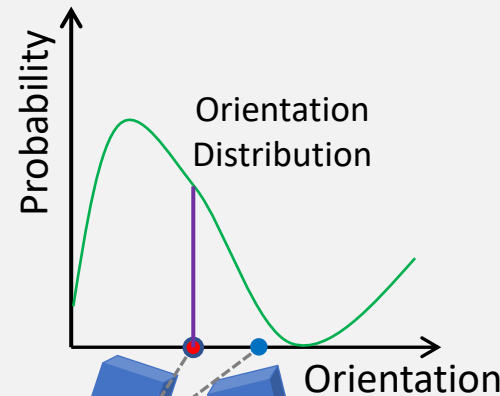
$$\sigma = \mathbb{C}^{vp} : \dot{\epsilon}^{vp}$$

$$\sigma = \mathbb{C}^{el} : \epsilon^{el}$$

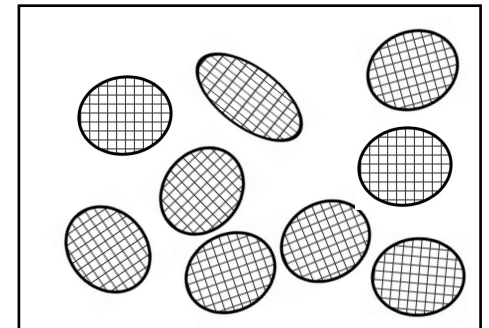


Each grain (crystal) is **anisotropic**.

Discrete sampling



Discrete sampling to represent polycrystal



Mechanical experiments

Bulge test

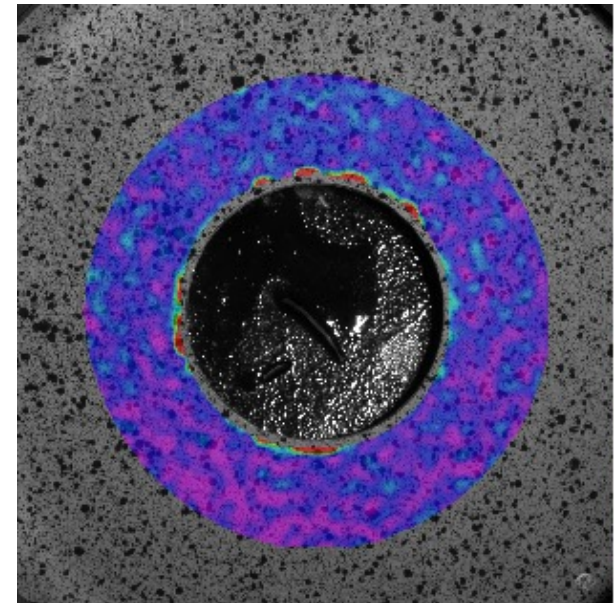
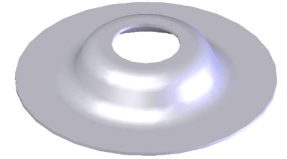


(a) Before material test

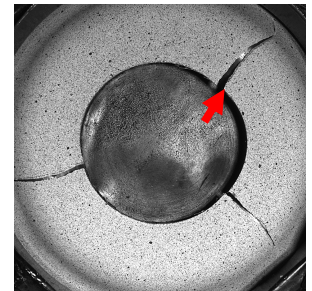
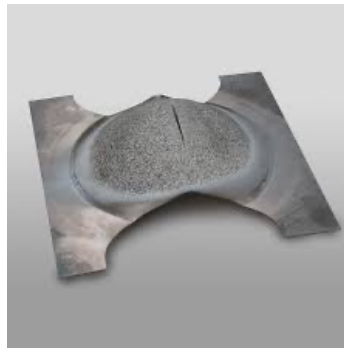


(b) After material test

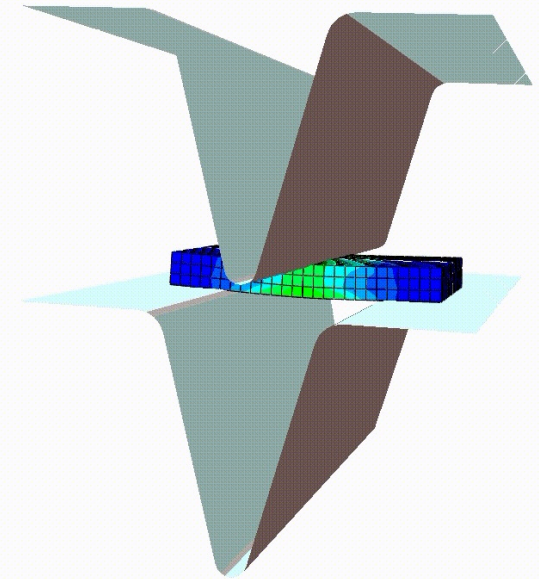
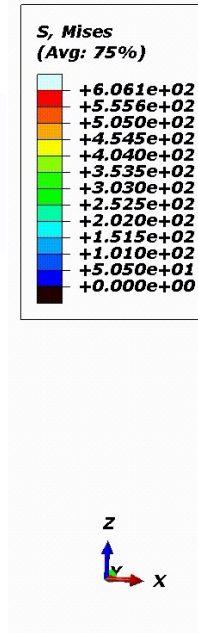
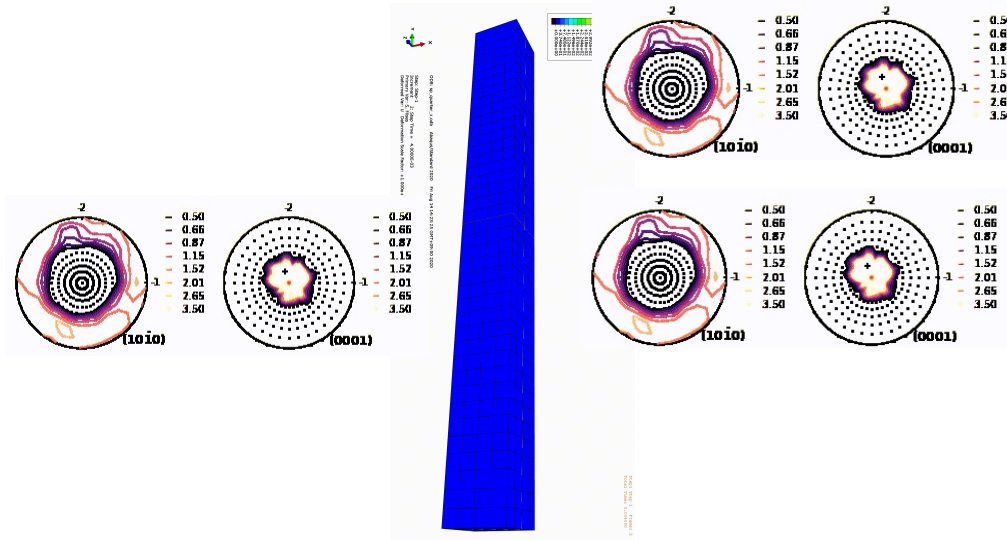
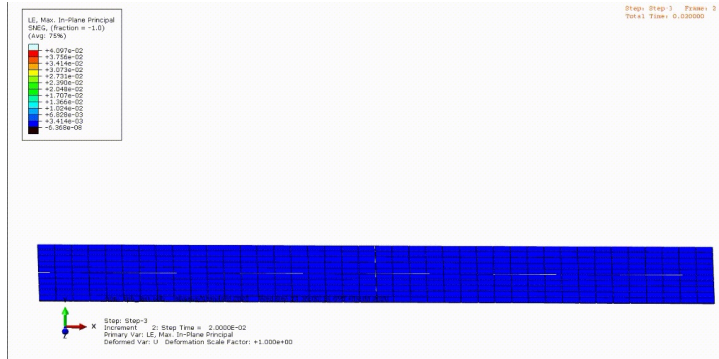
Hole expansion test



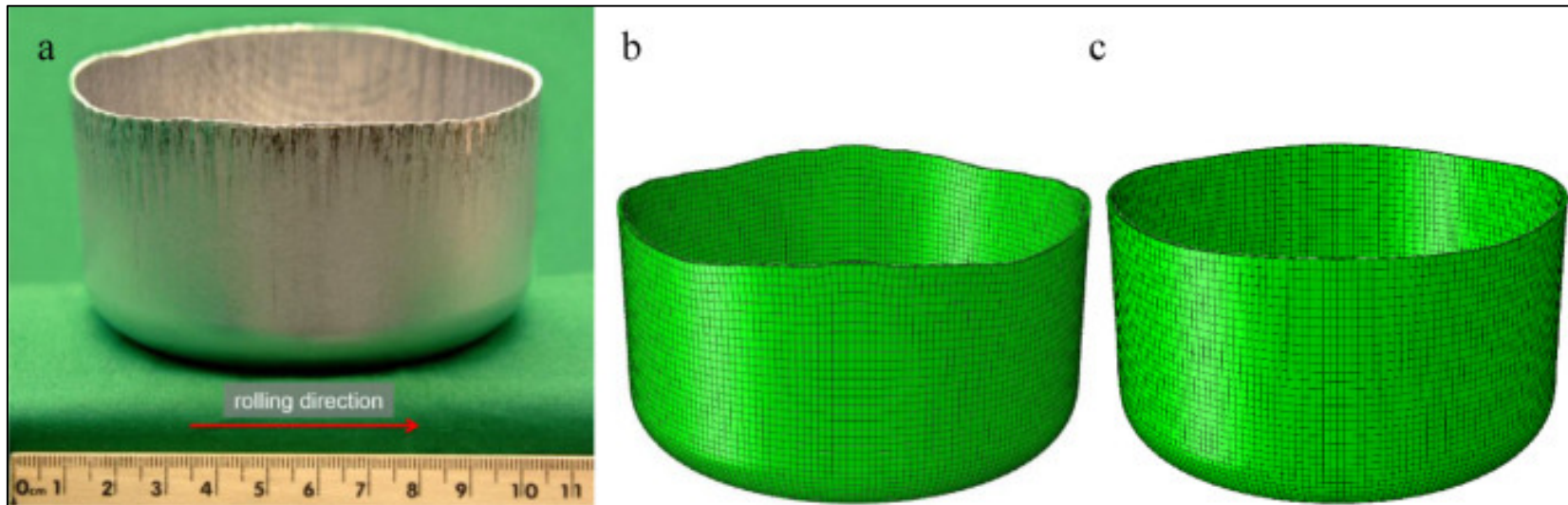
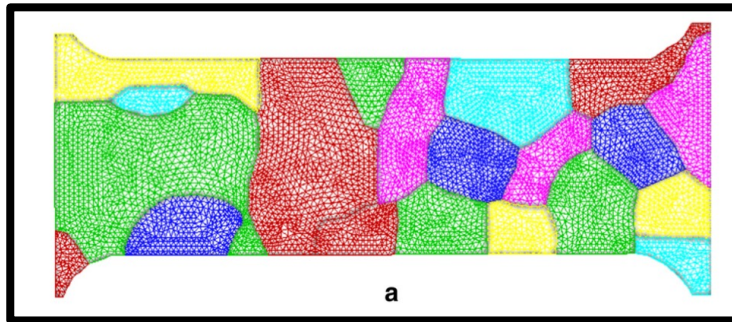
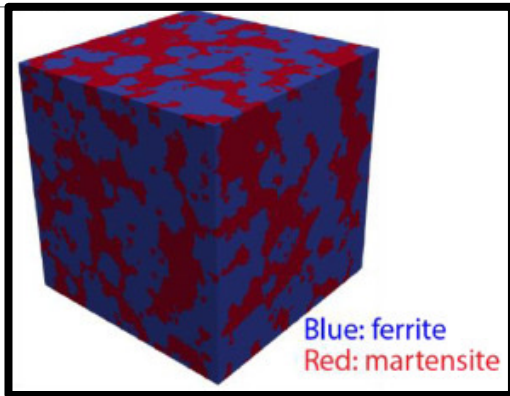
Nakajima test



Finite element simulations



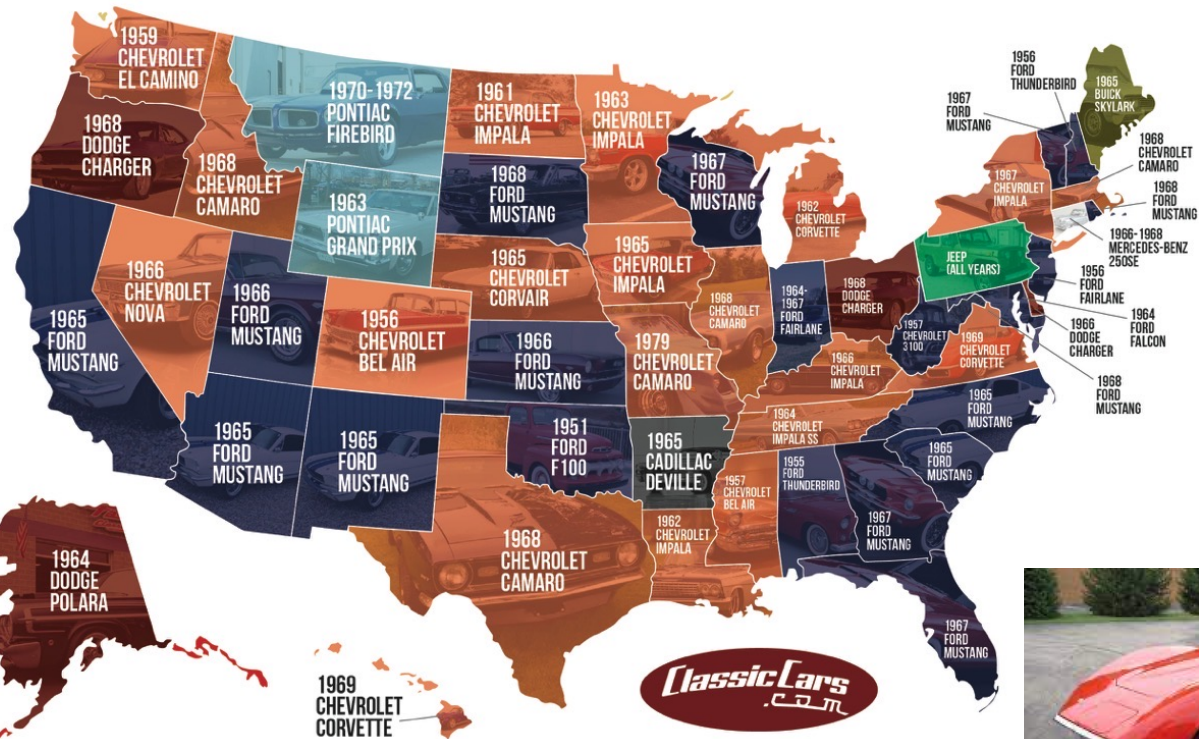
Virtual experimentation via developing realistic mathematical models



Restoring old cars...



Popular classic cars in the US



If an old car crushes...

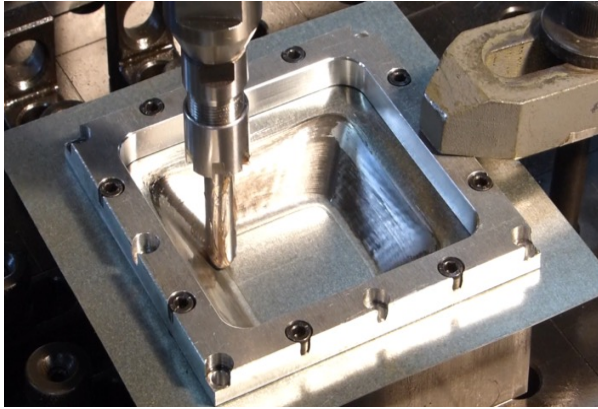
1969 Chevrolet Camaro



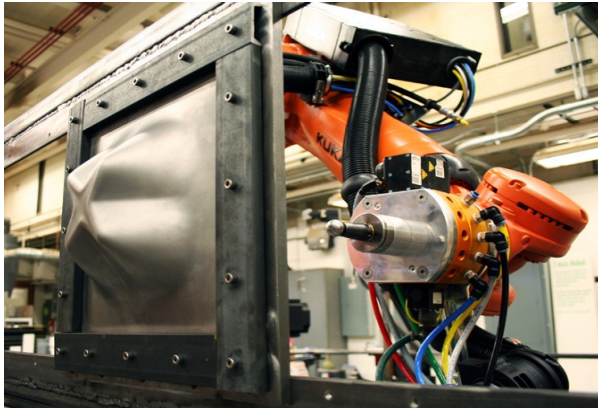
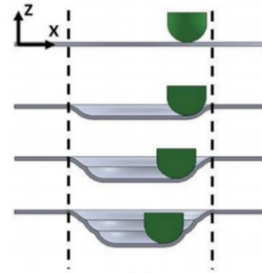
You cannot build your own stamping line for an old part...



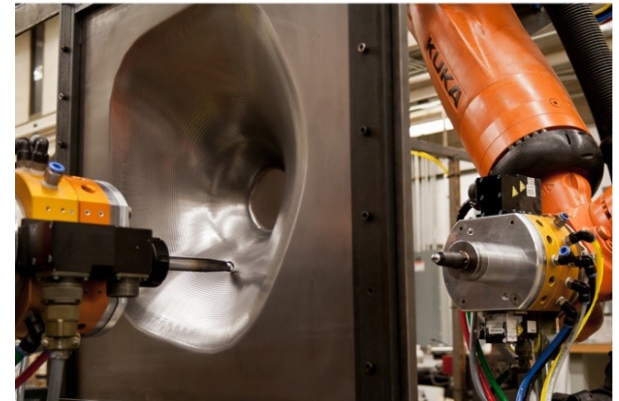
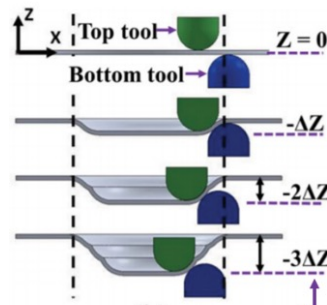
Incremental forming?



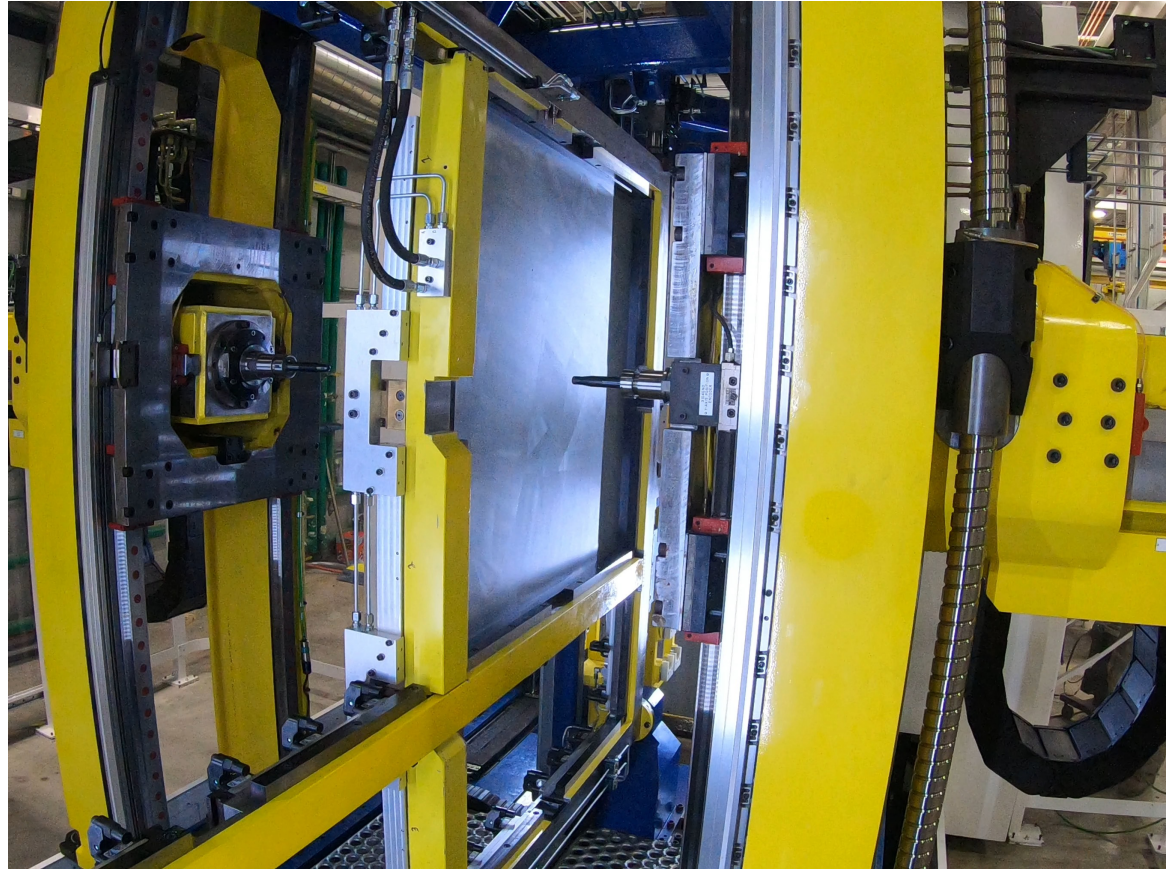
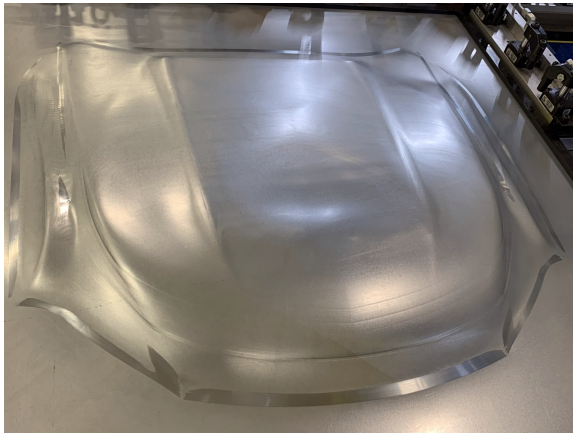
Single point (SPIF)



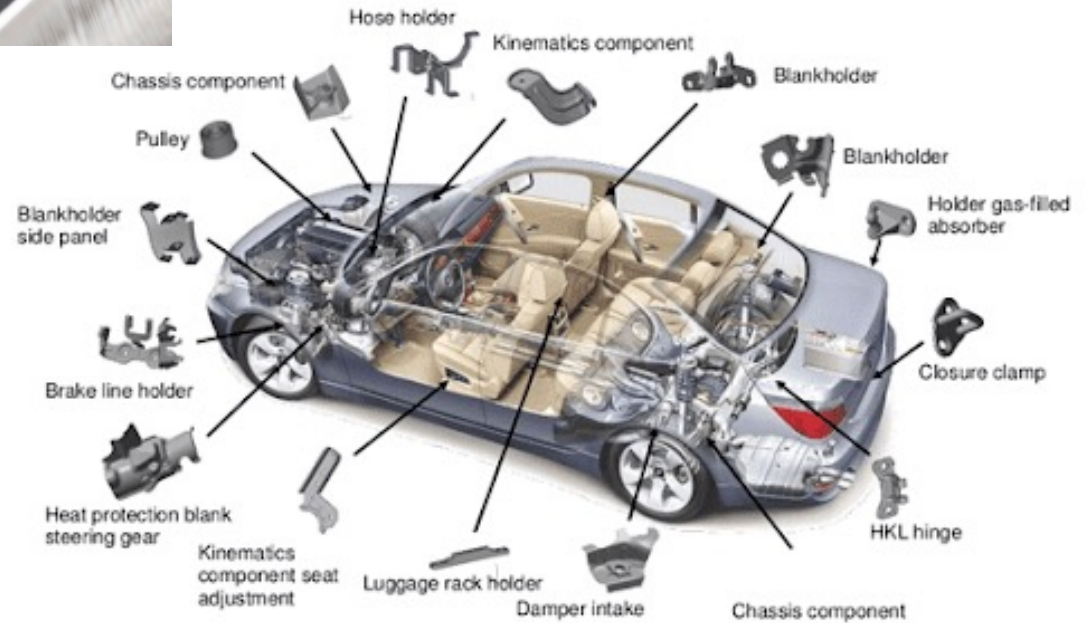
Double side (DSIF)



Incremental forming?



Some alternative?



Source: N. Skrynecki, Kundenorientierte Optimierung des generativen Strahlschmelzprozesses, 2010

References and acknowledgements

■ References.

■ Acknowledgements

- Some of the slides are based on the slides of prof. A.D. Rollett @ Carnegie Mellon University. He kindly permitted the reuse of his slides.
- Some images presented in this lecture materials were collected from Wikipedia.
- Some images were provided by prof J J Ha at U of New Hampshire.