


第8回知識・技術・技能の伝承支援研究会(SIG-KST)Oct.14<sup>th</sup>,2009 

## 加工技術・技能継承支援ツール 鍛造テンプレートの開発

篠崎吉太郎・近藤孝之・古川慈之・野嶋賢吾・江端幹夫・  
梶野智史・岡根利光

1. 鍛造品の例
2. 鍛造加工の背景とニーズ
3. 試作したテンプレート及びその設計
4. 使用例及び今後の課題

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

1



## 1. 鍛造品の例：クランクシャフト



- 炭素鋼、非調質鋼、熱間鍛造品、1,200℃、材料歩留り約80%
- 高速回転をしても、騒音・振動がない高剛性、回転バランスが必要
- 愛知製鋼株式会社

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

2



## 1.2 エンジン用ピストン A4032



- 自動二輪車エンジン用ピストン: A4032(11~13.5%Si)
- 珪素が多く成形が困難
- 素材温度: 380℃、型温度: 200℃、温度に敏感
- 宮本工業株式会社

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

3




## 1.3 ポンプ部品 軸受鋼 SUJ2



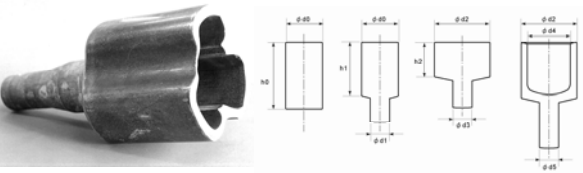
- 揺動鍛造(円錐形ダイを回転させながら行う部分鍛造)を採用して、軸受鋼 SUJ2を冷間鍛造
- 合金鋼、軸受鋼の鍛造は、炭素鋼の鍛造よりも温度に敏感

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

4




## 1.4 等速ジョイント 組合せ押し



- 容器と軸とを持つ部品の組合せ押し
- 1工程で鍛造できることが望ましい
- 1工程で鍛造するための条件を検討

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

5



## 2. 鍛造加工の背景とニーズ

- 鍛造品の約65%は自動車部品
- 乗用車の質量の約10%は鍛造品
- 鍛造は機械工業を支える基幹技術といえる
- 生産拠点はグローバル化し、製品はエコ化
- 軽量・高強度・コンパクト部品
- 高温・高圧に耐える部品
- 人体に無害な多様な寸法の医療部品
- ヘリカルギアなど複雑形状部品

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

6

## 2.2 鍛造技術の背景と方策

- 冷間鍛造圧力は高く、容易に2-4GPa に達する
- 熱間鍛造品の温度は1,200°C程度
- 金型寿命は100,000ショット、寸法精度は数10 μm
- 多種少量、短納期
- 機械及び型構造の特性
- 鍛造メタルフローの特徴
- 工程設計・金型設計
- 応力・ひずみ・ひずみ速度・温度

## 2.3 鍛造メタルフローの特徴

- 鍛造品は3次元形状
- 鍛造性: ひずみ、ひずみ速度、温度、静水圧 に依存
- 鍛造性: 材質・物性により異なる
- 塑性流動に相似則は成立しない  
(ひずみ速度依存性と温度一定とは両立しない)
- 塑性流動には不安定現象が認められる
- 3次元シミュレーターを用いて変形を厳密に表現する
- 単純化したモデルを用いて主要パラメータを特定し、評価する

## 3. 鍛造テンプレートの種類

単純な変形モデルを想定して主要パラメータを特定できるコンパクトなツールを製作した

### 圧力計算

- 容器の後方押し圧力計算テンプレート
- 軸の前方押し圧力計算テンプレート
- 掘込み圧力計算テンプレート
- 組合せ押し金型設計テンプレート
- 多段軸押し金型設計テンプレート

### 応力解析

- 冷間鍛造用パンチの応力解析テンプレート
- 締めばめダイの応力解析テンプレート

### 温度計算

- 容器の鍛造中の温度計算テンプレート
- 軸の鍛造中の温度計算テンプレート

## 3.2 押し圧力計算の基礎

R.Hillは加工硬化しない材料を定常引き抜き加工するときの単位体積当りの仕事  $\omega_p$  は引き抜き圧力  $P$  に等しいことを証明した

$$\omega_p = \int d\omega_p = \int Y d\varepsilon = Y \int d\varepsilon$$

$$\frac{\omega_p}{Y} = \int d\varepsilon = \varepsilon$$

$Y$ : 変形抵抗,  $\varepsilon$ : 相当ひずみ

## 3.3 前定理を押しに応用

押しは、引抜きと変形が似ているので、Hillの前記定義は押しにも適用できると仮定する

$$\frac{\omega_p}{Y} = \frac{P}{Y} = \varepsilon$$

拘束係数  $C$  を導入して、次式を得る

$$\frac{P}{Y} = C$$

## 3.4 加工硬化の補正

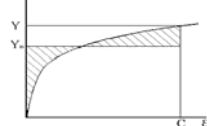
R.Hillによれば材料が加工硬化をする場合は変形抵抗  $Y$  の代わりに平均変形抵抗  $Y_m$  を用いることができる。

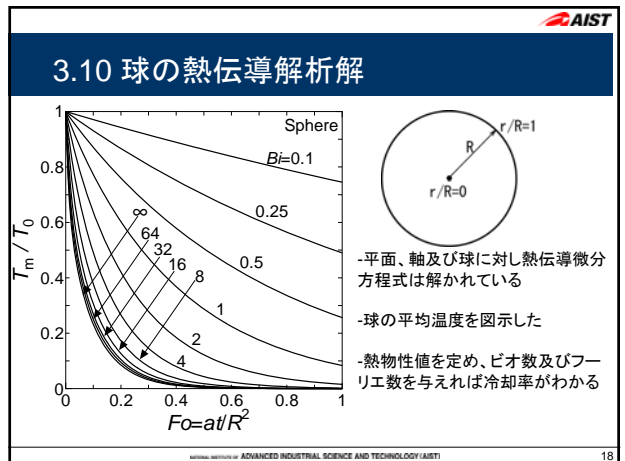
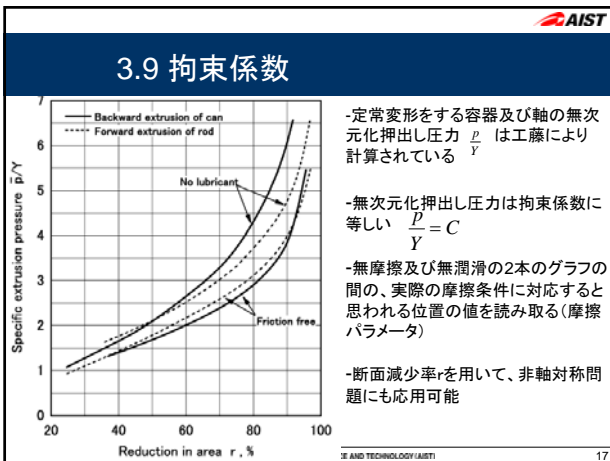
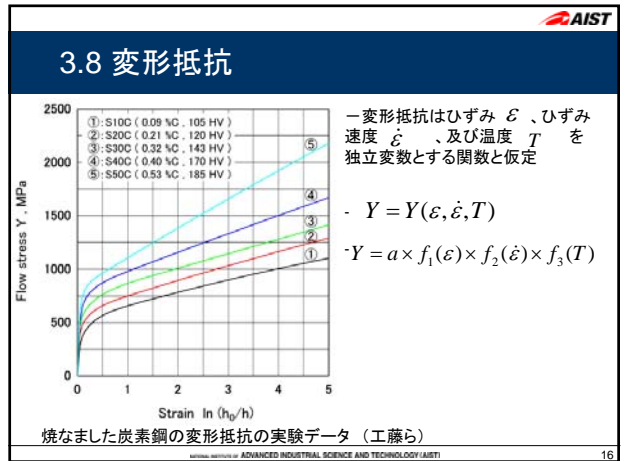
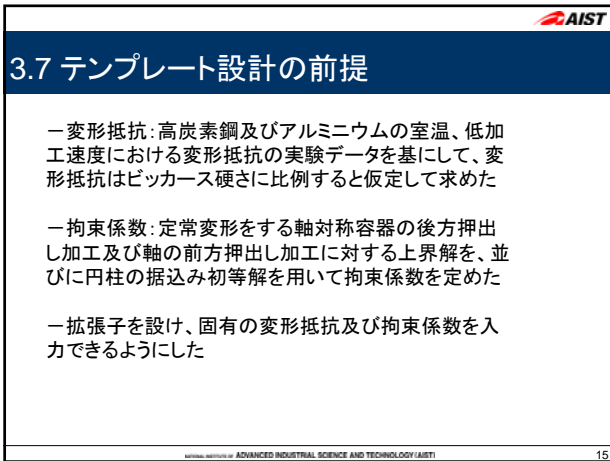
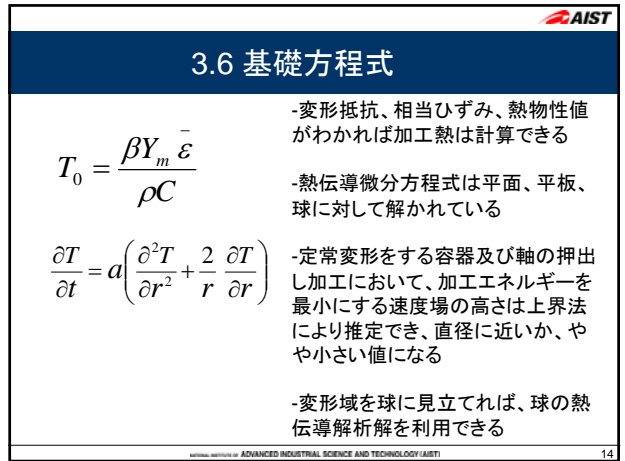
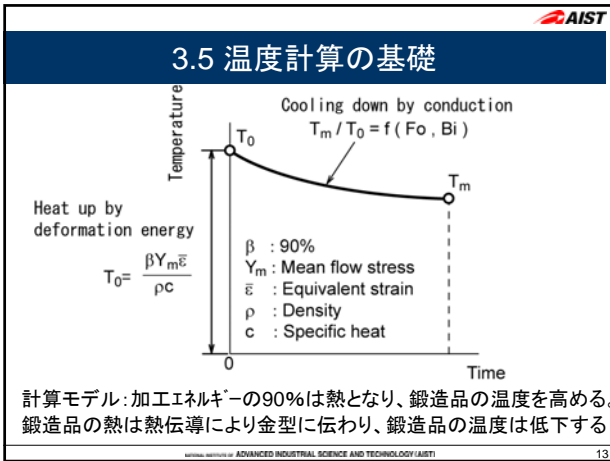
$$Y_m = \frac{\int_0^c Y d\varepsilon}{C}$$

よって次式を得る

$$p = C \times Y \quad : \text{加工硬化しない材料に対して}$$

$$p = C \times Y_m \quad : \text{加工硬化する材料に対して}$$



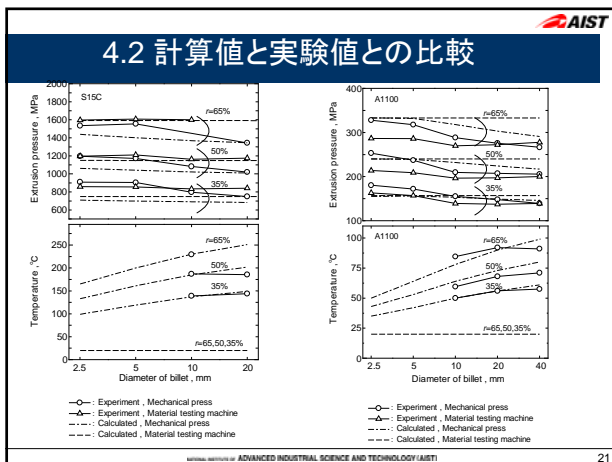
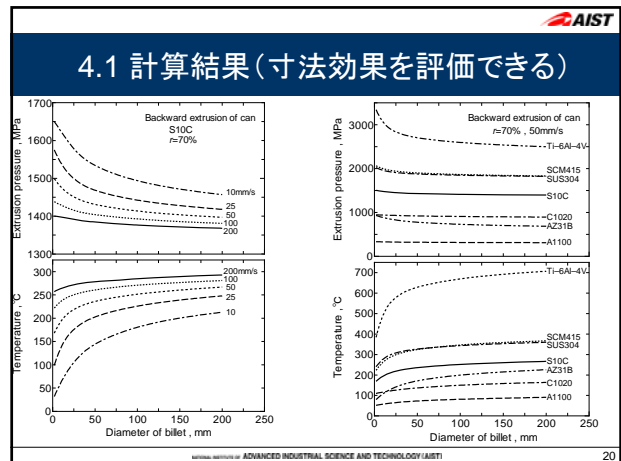


**AIST**

### 3.11 テンプレートに入力した熱物性値の例

Material	Density $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Specific heat C kJ/(kg K)	Thermal conductivity k W/(m K)	Thermal diffusivity a $\times 10^{-6}$ m <sup>2</sup> /s	Coefficient of heat transfer h kW/(m <sup>2</sup> K)	Biot number Bi (R=15mm)
Low-carbon steel (S20C)	7860	0.473	52	1.39	50 (assumed)	14.5
Low-alloy steel (SCM415)	7830	0.433	43	1.27		17.4
Stainless steel (SUS304)	7920	0.499	16	0.41		46.9
Ti alloy (Ti-6Al-4V)	4420	0.537	8	0.32		98.7
Al (A1100)	2710	0.904	222	9.06		3.4
Cu (C1020)	8920	0.380	384	10.13		2.0
Mg alloy (AZ31B)	1770	0.994	96	5.46		7.8

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY/AIST



**AIST**

### 結論

- 単純なモデルを想定して圧力計算、応力解析、温度計算テンプレートを試作した
- 集積したデータを分析、または、実験データなど対比することにより、メタルフローに及ぼす因子の影響を定量的に評価できる
- 冷間鍛造の現象には比較的よく対応することを確認した
- 熱間鍛造の現象へ適応するか否かは未確認

-ご清聴ありがとうございます

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY/AIST