

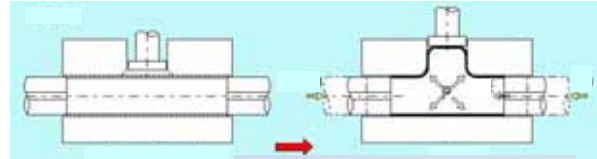
管材のハンマリング hidroforming における成形性向上のメカニズム

豊橋技術科学大学 森 謙一郎

燃費向上 → 部品の軽量化
中空部品の適用



管材の hidroforming



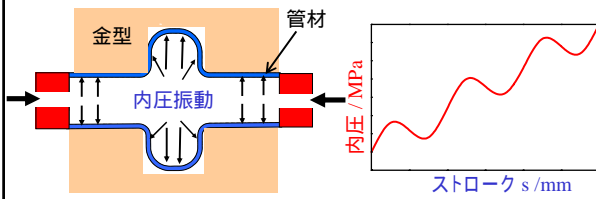
内圧 拡管
軸力 素材の供給

欠陥: 破断, しわ



ハンマリング hidroforming

(株)オプトン: 内圧振動 成形限界向上



2,500tonf ハンマリング hidroforming 成形機



成形品の一例

素管

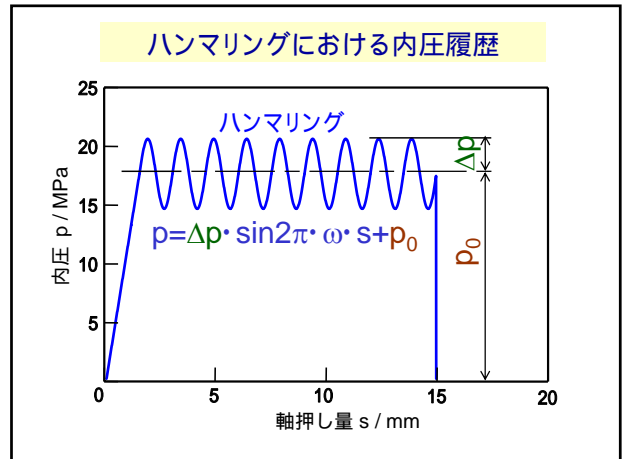
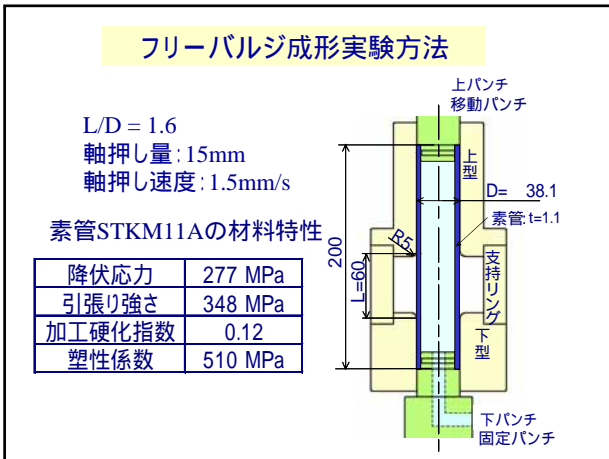
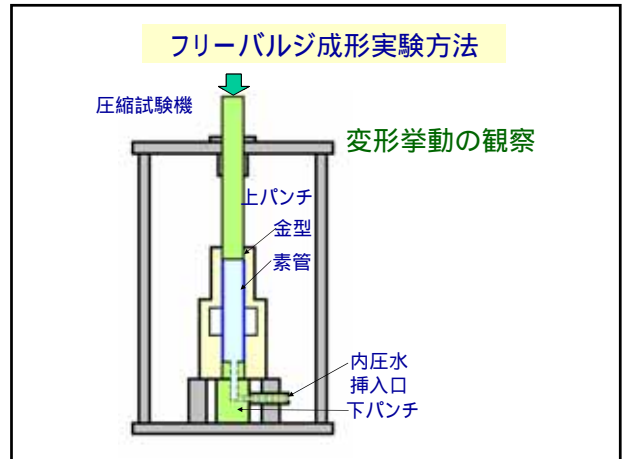
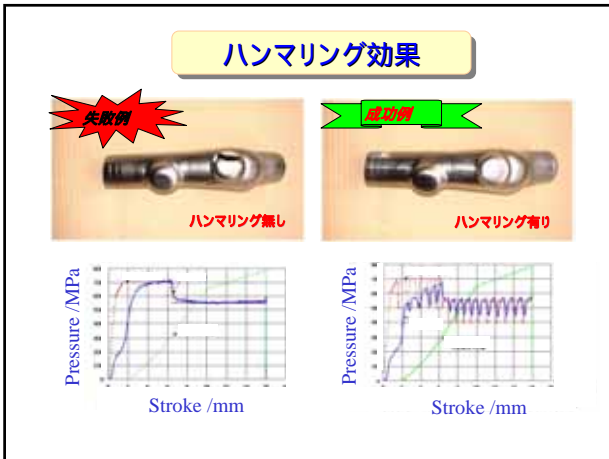


予備曲げ加工

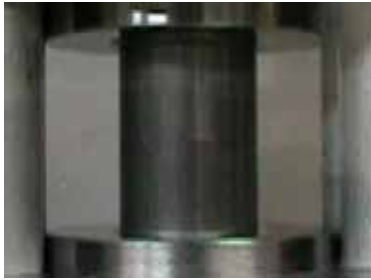


hidroforming





一定内圧(最大)における変形挙動の観察



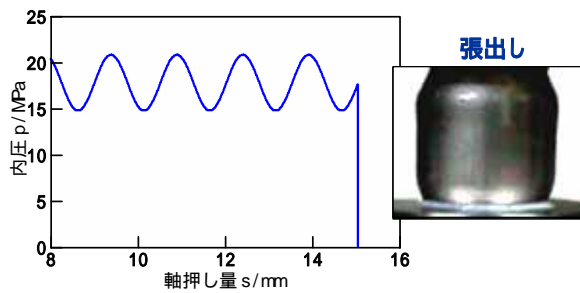
$p_0=20.5\text{MPa}$

ハンマリングにおける変形挙動の観察

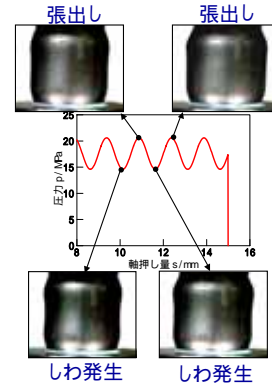


$p_0=17.7\text{MPa}$,
 $\Delta p=3\text{MPa}$ $\omega = 0.66 \text{ c/mm}$

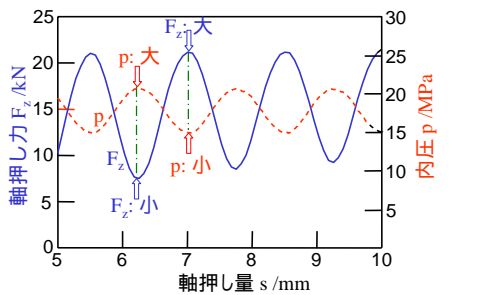
ハンマリング内圧での変形挙動



ハンマリングのメカニズム

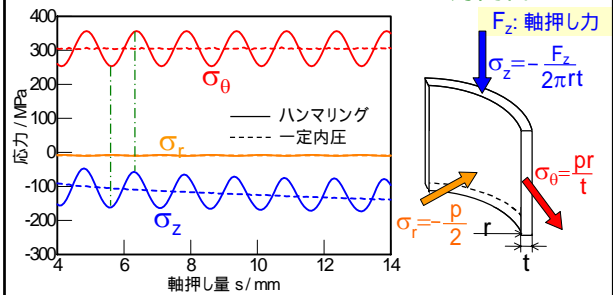


ハンマリングにおける軸押し力と内圧の関係



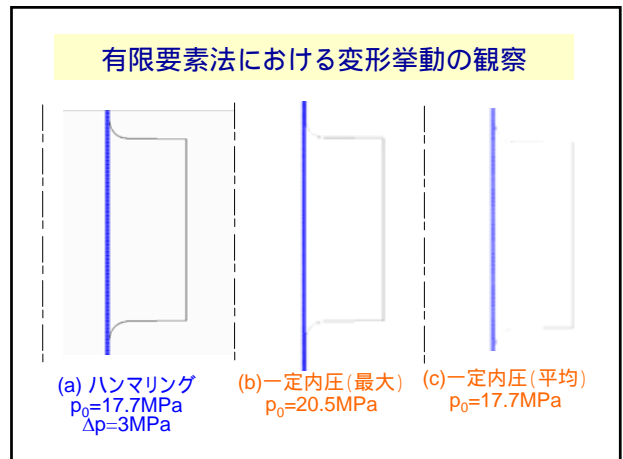
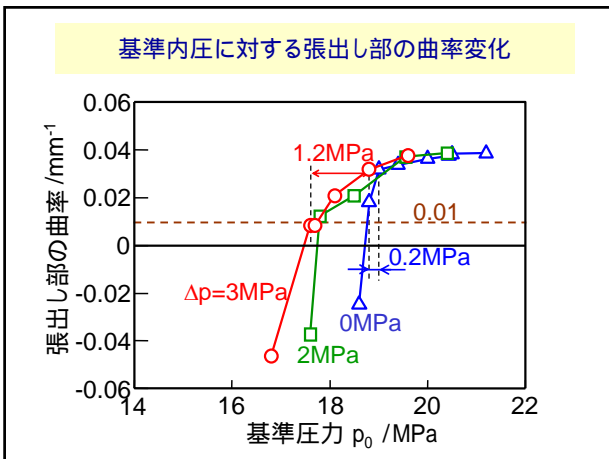
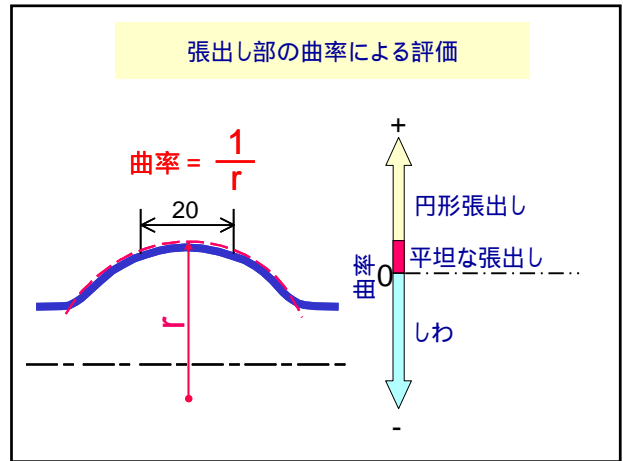
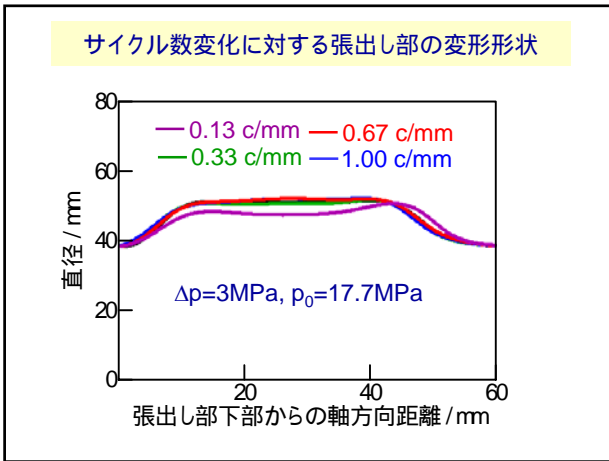
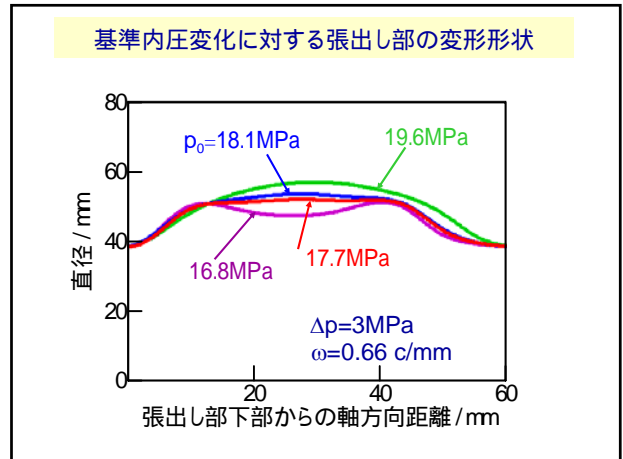
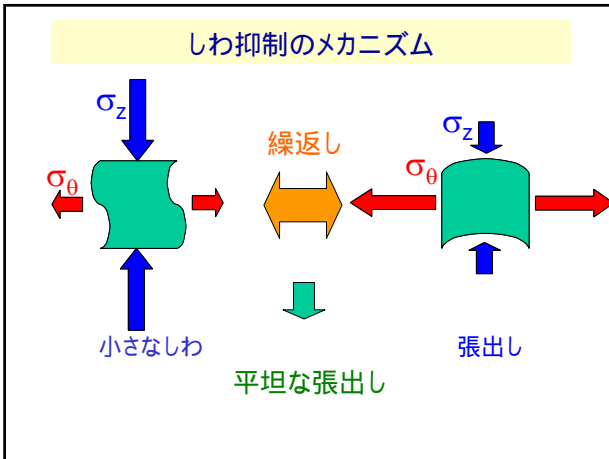
軸押し力と内圧が同期

しわ発生 - 張出のメカニズム 薄肉管

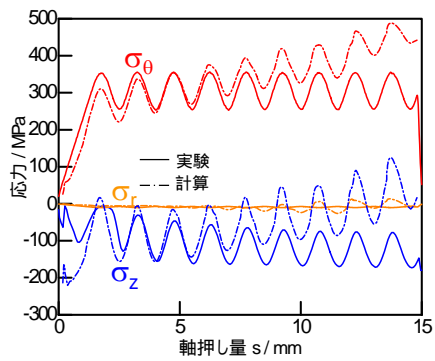


$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ \frac{(\sigma_r - \sigma_\theta)^2}{0} + (\sigma_\theta - \sigma_z)^2 + \frac{(\sigma_z - \sigma_r)^2}{0} \right\}} = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ (\sigma_\theta - \sigma_z)^2 + \sigma_\theta^2 + \sigma_z^2 \right\}}$$

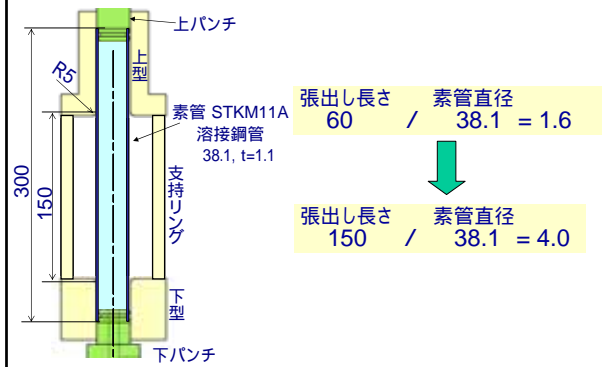
差が一定



有限要素法における張出部の応力



張出長さが大きいフリーバルジ成形



ハンマリングにおける変形挙動の観察



$p_0=18.6\text{MPa}$
 $\Delta p=3\text{MPa}$
 $= 0.66 \text{ c/mm}$

一定内圧(最大)における変形挙動の観察



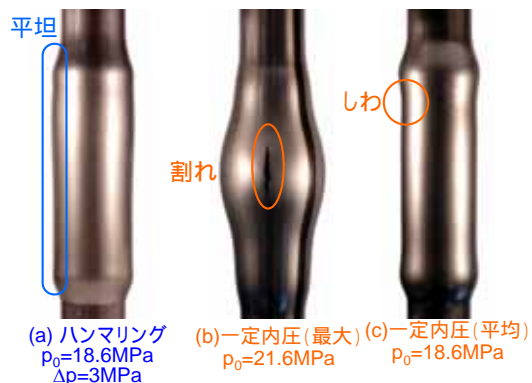
$p_0=21.6\text{MPa}$

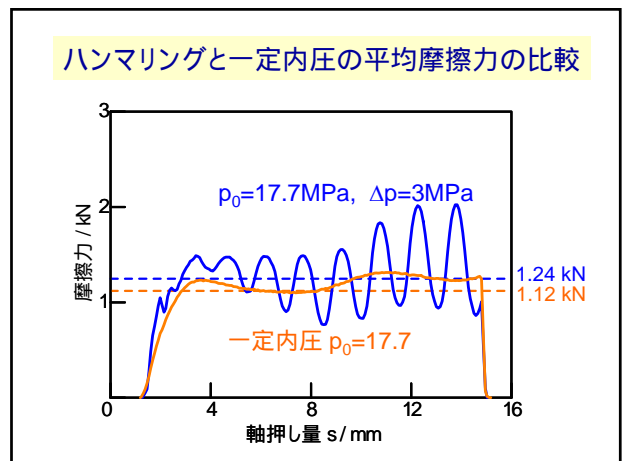
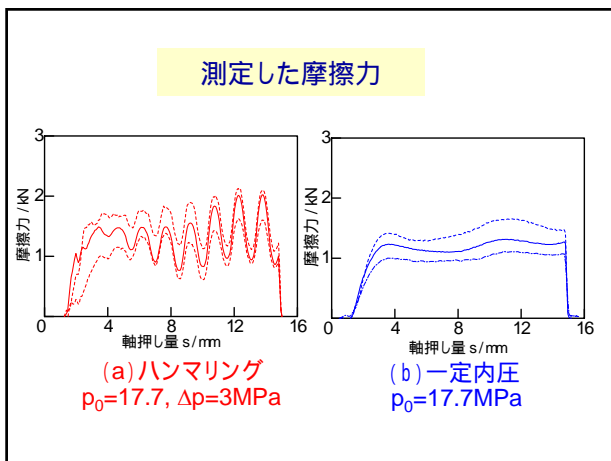
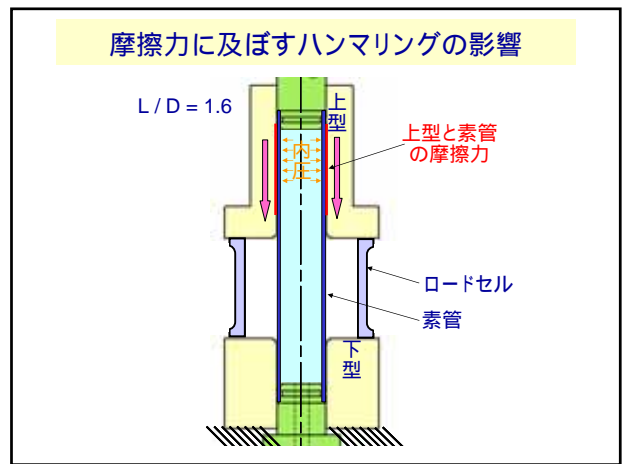
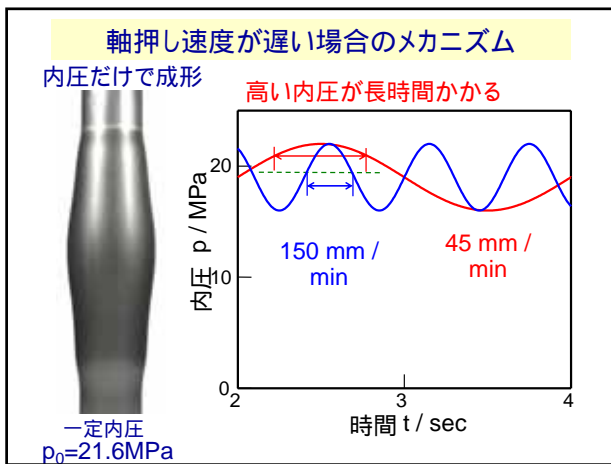
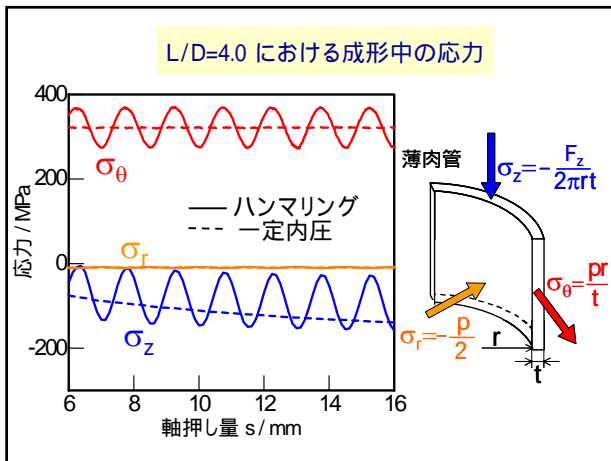
一定圧力(平均)における変形挙動の観察



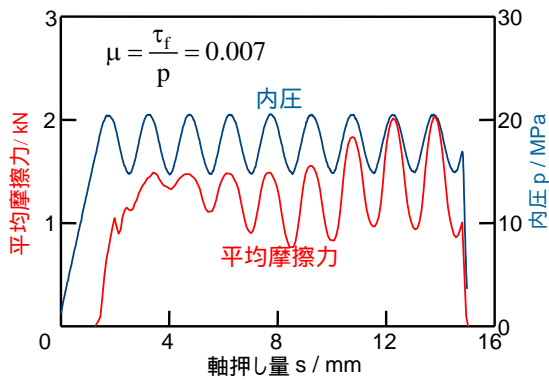
$p_0=18.6\text{MPa}$

L / D = 4.0におけるハンマリングの効果 (s = 24mm)

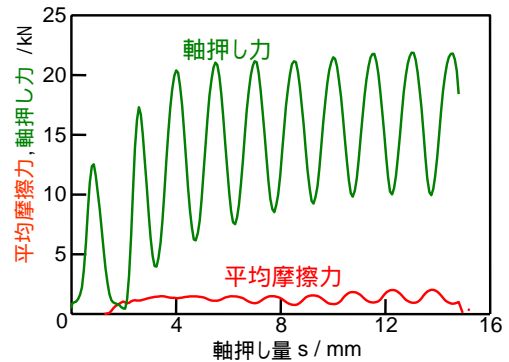




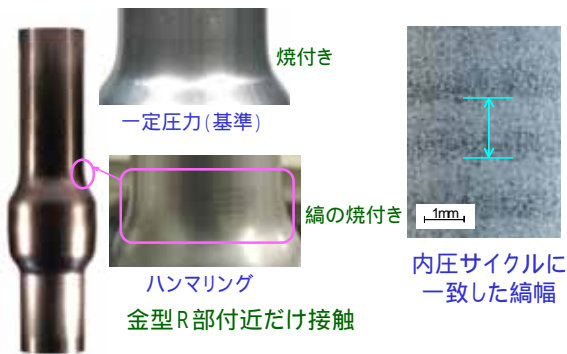
内圧に同期して振動する摩擦力



成形中の軸押し力と平均摩擦力の比較



金型R部における摩擦



まとめ

- ハンマリングは、中央部が平坦な台形張出しを生じるため、変形が局部に集中しなくて破断しにくくなり、成形限界が向上する。
- 内圧の振動と同期して小さなしわ - 張出しのサイクルを繰り返すことによって局部的な張出しが抑制され、中央部が平坦な台形張出しになる。
- ハンマリングの金型と素管の摩擦力は、一定内圧の場合と大きな差はなかった。