

# トラクトリクスダイスによる深絞り\*

## Deep-drawing Process Using Tractrix Die

楯 列 俊 夫<sup>1)</sup>・渡 辺 寛<sup>2)</sup>  
Toshio TATENAMI and Hiroshi WATANABE

Experimental study is carried out, for deep-drawing process using Tractrix Die. Blank of 1.5mm in thickness and 120mm in diameter was deep-drawn into cup of 64mm in dia.

Shape of material and contact portion of material with the die surface are researched under deformation. It may be the very important thing in the theoretical treatment. And the punch stroke-load curve is obtained.

As the result, the maximum punch load is found to be about one-third of that in general drawing with blank-holder. Thickness of material portion being subjected to bending at the punch-radius, becomes to be small in general drawing. But all portion of material becomes to be large in thickness in using Tractrix Die. Its phenomenon is useful for the re-drawing process.

### まえがき

絞り加工とは、プレスで平らな板から灰皿、コップ状容器を作る加工及びパイプを引張って径を細くして更に肉厚の薄いパイプを作る加工をいう。一般に“タオルを絞る”という言葉のように径の大きいものが径が小さくなる現象を“絞る”という。したがってコップあるいは浴槽などの加工は、材料は円周方向に縮められて径が小さくなり半径方向に伸びることにより成形されるので絞り加工である。

特に深さの大きいコップ状容器の加工は、深絞り加工と呼ばれる。

その加工法はプレス加工であり、加工中材料にしわが生じないように (Fig. 1のように) 板の上下を平らな工具ではさみながらポンチで絞り込んでいく。その為しわ押え装置が必要であり、ダブルアクションプレスすなわち可動しう部分が2つ装備されたプレスが必要となる。また、しわ押えと材料の摩擦のため、加工するに要する力は大きくなり、加工中材料が破断する原因となる。

そこで、しわ押えがいらぬ加工法として、トラクトリクスダイスを用いる方法が以前から

Fig. 1 Schematic deep-drawing Process

提案されていた<sup>1)</sup>。しかし、いまだに工業化はされていない。ここでトラクトリクスダイスにより絞りについて実験し、2, 3のデータを得たので報告する。

\*昭和54年3月3日原稿受理

1), 2) 大阪産業大学工学部機械工学科

## 理論

トラクトリクス曲線とは Fig.2 を用いて、次のような条件から得られる。部材ABについて、Aが直線O-O'を動くとき、点Bで曲線Cと接する。この曲線がトラクトリクス曲線である。 $\overline{AB} = a$  とするとき、その条件は

$$\frac{dx}{dy} = \frac{\sqrt{a^2 - x^2}}{x} \quad (1)$$

を満足する。これを解き、 $x=a$  で  $y=0$  により積分定数を求めて

$$y = -\sqrt{a^2 - x^2} + a \cdot \ln\left(\frac{a + \sqrt{a^2 - x^2}}{x}\right) \quad (2)$$

が得られる。

この形状をダイスに用いると、ブランク外周でダイスと接しながらコップ状に成形され、力学的に効率のよい加工法であると考えられることからトラクトリクスダイスが提案された。深絞り加工では  $\overline{OO'}$  はポンチ側壁部に対応し  $\overline{AB}$  に対応する部材の長さは、材料プロフィルのポンチ肩に接する点からブランク外縁部までの長さである。この長さは加工中一定でなく、加工が進むにつれて長くなる。また、その断面形状も直線ではなく、材料は曲げられるので曲線である。したがってダイスとの接触点もブランク外周でなくなる。この点を実験により調べる。

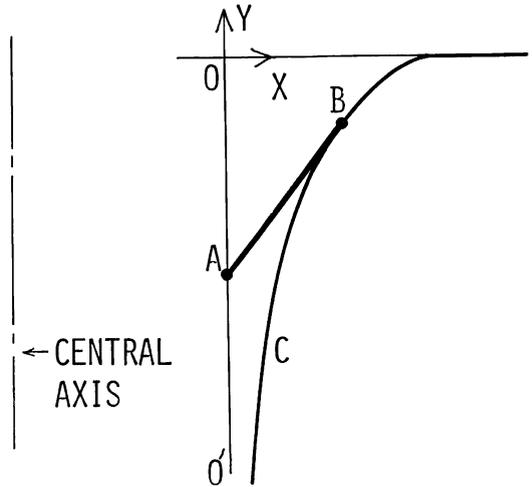


Fig.2 Tractrix curve

## 実験

理論的にはトラクトリクスダイスのダイス高さを無限大にして加工すると、理想的な円筒状コップの製品が得られる。しかし実験では Fig. 3 に示すように高さを 100 mm としたが、この影響は大きくないと考えられる。プレスには、本山水圧社製 30t 油圧プレスを用いた。ダイスは外注

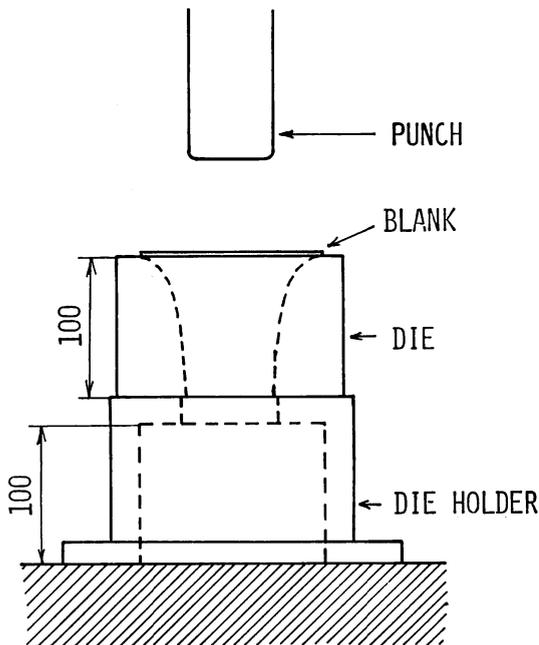


Fig.3 Schematic drawing by tractrix die

MATERIAL	CHEMICAL COMPOSITION (%)				
	Al	Cu	Si	Fe	Ti
A1050P H24	99.56	0.01	0.11	0.29	0.03

Table.1 Chemical composition of material

したが、NC旋盤で加工し、焼入れはしていない。

供試材料は板厚 1.5mm のアルミ板であり、化学成分を Table. 1 に示す。熱処理は 400°C 2 時間の焼もどしを行った。市販品をそのまま熱処理をしないで深絞りを行なうと、加工途中必ずしわが発生した。しかし熱処理を行ない焼もどしをすると、しわが発生することなく絞りを完

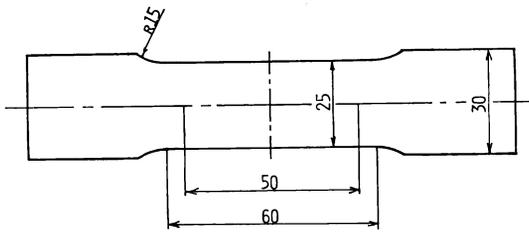


Fig. 4 Tensile Specimen

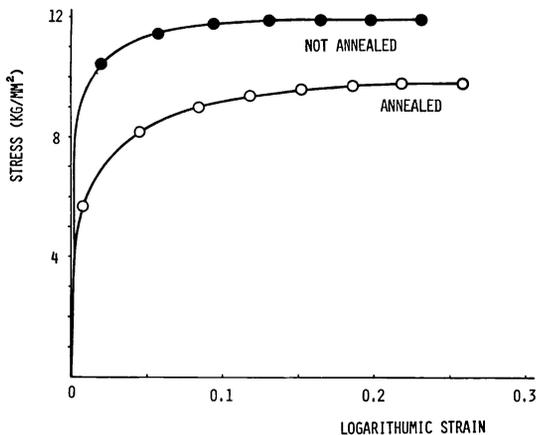


Fig. 5 Stress-strain curves

定が行なえるが、大きなひずみ測定には簡単でかつ信頼できる値を得る手法は適当なものがあまりない。本実験で用いた方法は測定が比較的簡単で、巨視的に信頼できるひずみ値が得られる。

ブランク直径は 120 mm とした。尚トラクトリクスダイスはブラン

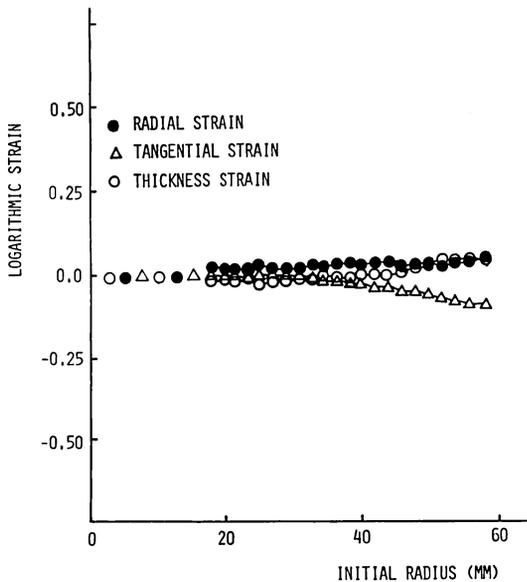


Fig. 7 Strain distributions(stroke 20mm)

了することができた。しかし耳の発生は通常深絞りと同じく 4 個所生じた。

Fig. 4 に引張試験を示す。Fig. 5 に供試材の引張試験による応力-ひずみ曲線を示す。実験には 5t アムスラー万能試験機を用い、ひずみは 50mm の間隔にけがいた標点間距離を測定した。その測定には Fig. 6 のような試験片標点間に目盛尺を並べた装置を用い、目盛尺の零点を標点けがき線上部に一致させて試験片に固定した。引張試験中他のけがき線が目盛尺の目盛と一致したときの荷重を読んだ。一般にひずみ量の小さいときには抵抗線ひずみゲージを用いて簡単にひずみ測

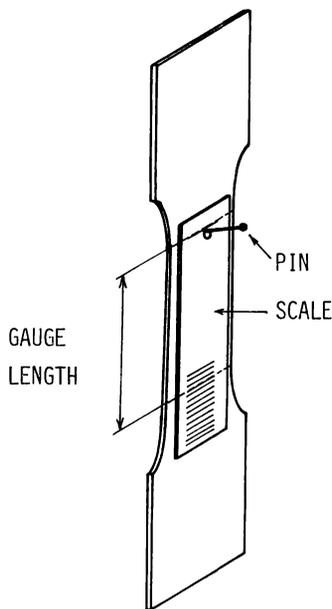


Fig. 6 Apparatus for measurement of strain

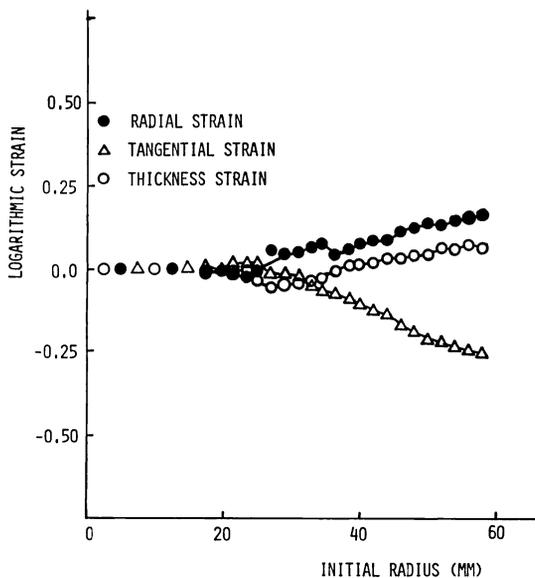


Fig. 8 Strain distributions (stroke 40mm)

ク直径によってダイス形状が異なる。ブランク円板の外周仕上程度が絞り加工時しわ発生に大きく影響するため、旋盤により板より円板を切り出した。

Fig.7~11にポンチストローク20, 40, 60, 80, 100mmのひずみ分布を示す。円周方向ひずみはけがき法によった。すなわち変形前のけがき円の変形後の直径を測定した。板厚ひずみはマイクロメータにより板厚を測定し、半径方向ひずみは体積一定の条件より求めた。

コップ底部は等2軸引張り状態にあるが、実験結果では加工中巨視的変形はほとんどしていない。

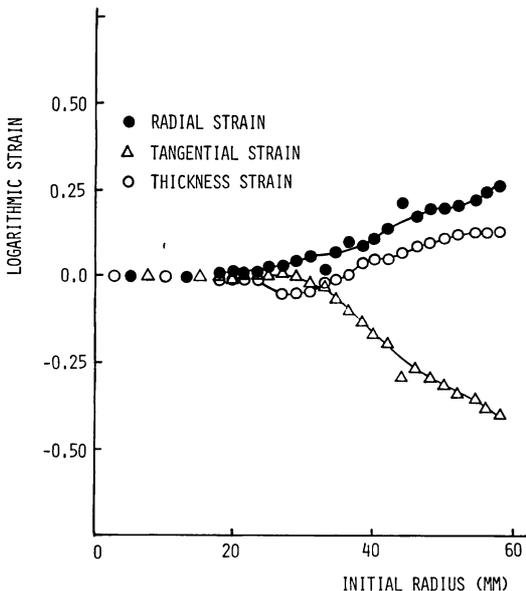


Fig. 9 Strain distributions (stroke 60mm)

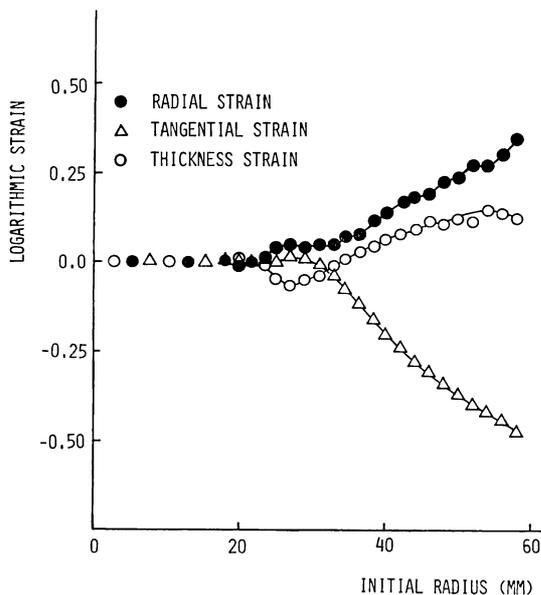


Fig. 10 Strain distributions (stroke 80mm)

またブランク外縁部でひずみが最も大きく、ポンチストローク20mmでは板厚方向ひずみ、半径方向ひずみはほぼ等しく単軸圧縮状態に近い。しかし加工が進むと、ポンチ荷重の子午線方向分力による半径方向引張、及びダイスとの接触圧力による板厚方向の圧縮応力の2つの影響が強くなる。そのため、半径方向ひずみの方が板厚方向ひずみより大きくなっている。

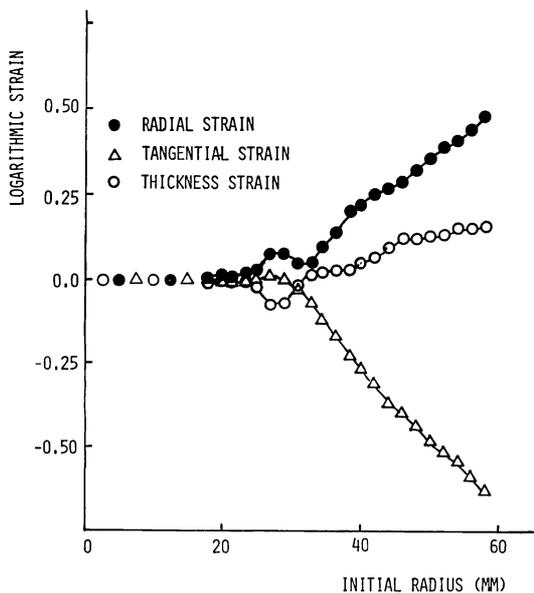


Fig. 11 Strain distributions (stroke 100mm)

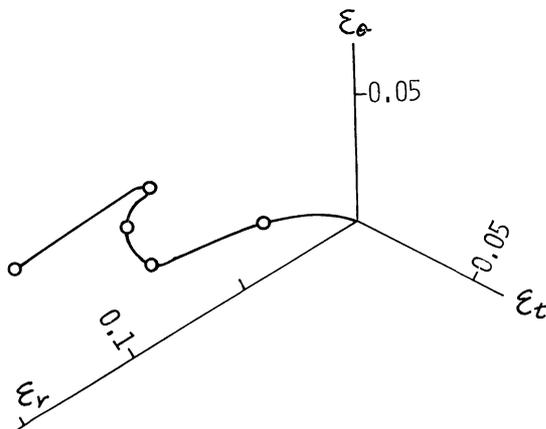


Fig. 12 Strain history (initial radius 30mm)

ポンチ肩部に接触する部分ではひずみ分布は特異な実験結果となっている。それは次のような理由によるものと思われる。この部分の材料は大きく曲げられる。曲げが加わると子午線ひずみは板厚方向に大きく分布する。すなわち曲げ外側では子午線ひずみは正で、曲げ内側では負になる。実験では、ブランクの一方の面に同心円のけがき線を入れ、けがき線がコップ外側の面にくるよう加工し、けがき線の直径から円周方向ひずみを求めた。したがって円周方向ひずみは、外表面の一部分のひずみを

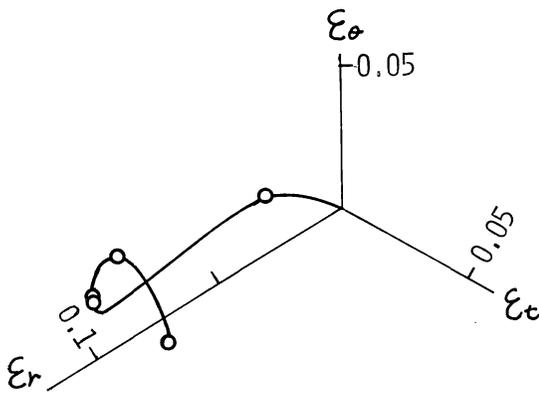


Fig. 13 Strain history (initial radius 32mm)

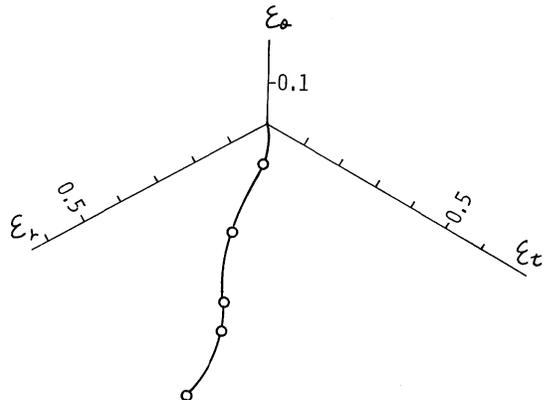


Fig. 15 Strain history (initial radius 50mm)

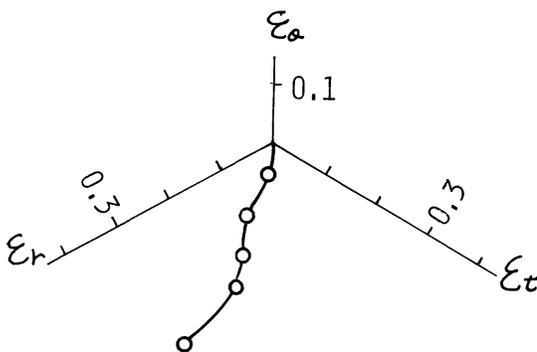


Fig. 14 Strain history (initial radius 40mm)

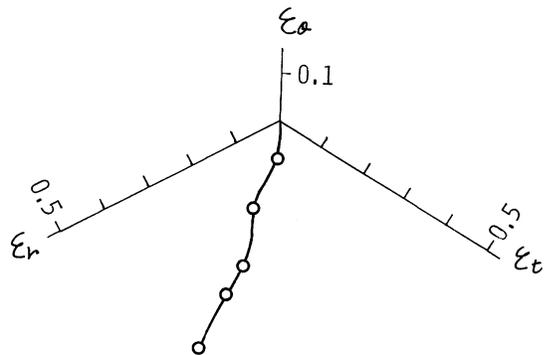


Fig. 16 Strain history (initial radius 60mm)

測定したことになる。

一方、板厚ひずみは板厚の変化から求めるため、平均的な板厚ひずみを求めていることになる。板厚方向にひずみが分布していない場合には平均的な板厚ひずみを求めることには意義がある。しかし、曲げにより板厚方向には諸ひずみは大きく分布する。そのため、2つのひずみから体積一定条件を用いて半径方向ひずみを算出するのは不合理であることを言及しておく。

Fig.12~16は材料のひずみ履歴を $\pi$ 平面に表わしたものである。ポンチ肩の曲げの影響があまり加わらない部分、すなわち製品円筒壁を形成する部分のひずみ履歴はほぼ直線的であり、単軸圧縮変形に近い。

Fig.17は各ポンチストロークでの製品の断面形状とダイスとの接触点を示す。トラクトリクスダイスの基本的考え方はブランク外周部だけでダイスと接することであったが、実験結果では接触点は加工の進行とともに内側に移動し、また接触部もかなり広い範囲にわたる。また断面形状も複雑で下に凸な部分と上に凸な部分の両方が存在することがわかる。

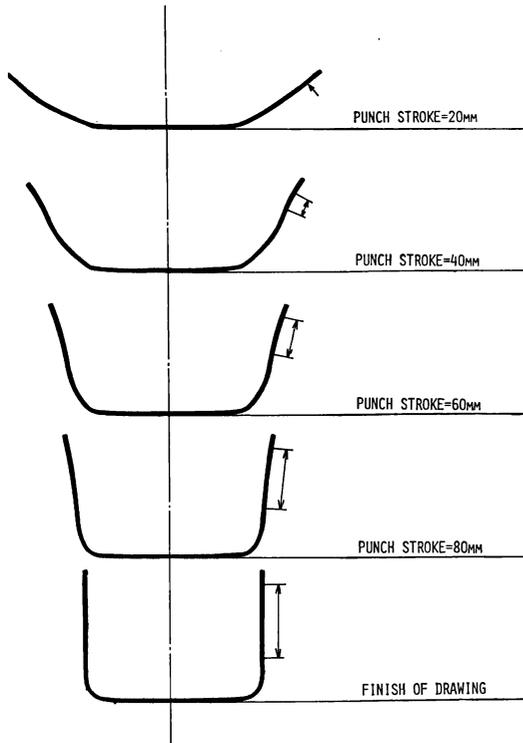


Fig. 17 Cup Profile under deformation

てよいことより難加工材に対して破断が生じにくいことが期待できる。

### むすび

トラクトリクスダイスによる深絞りの理論的取扱いは未だなされていない様である。しかしその理論的あるいは数値解析的取扱いの検証には本実験結果は欠かせない。

本実験で次の様なことが判った。ポンチ荷重が小さくてよいこと、及び製品肉厚がブランク時よりあらゆる部分で厚くなっている。

このことから、硬い材料、加工が難しいいわゆる難加工材の絞り加工には、トラクトリクスダイスによる方法が有効的であると考えられる。

### 謝 辞

トラクトリクスダイスの製作費として大阪産業大学産業研究所より補助を戴きました。また本実験を手伝って戴いた53年度卒業研究生：青木博、古田一郎、村山和久、南方誠君に感謝の意を表します。

トラクトリクスダイスの製作については、一般の業者からは製作不能との理由ですべて断られました。兵庫立工業試験場：沖田耕三氏、精密工業株式会社：滝川憲一氏にはNC旋盤を駆使して、また莫大な時間と労力を費したにもかかわらず、自社の研究ということではほとんど無料に近い額で製作して戴き、特にお礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) Woo, D. M. ASME. Series H, Vol. 98, No. 4, Oct. 1976 PP.337-341.

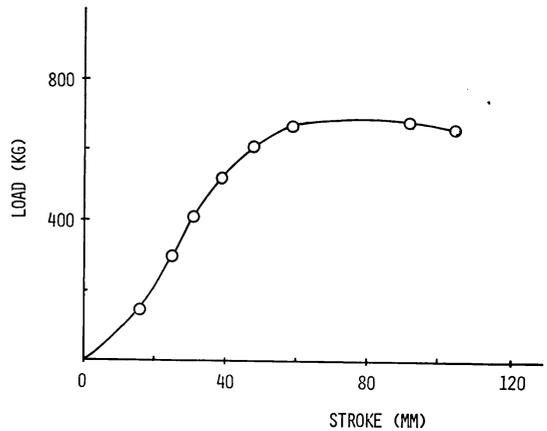


Fig. 18 Punch stroke-load curve (tractrix)

Fig. 18はトラクトリクスダイスによる絞りのポンチストローク-荷重曲線である。

一般のしわ押えを有する深絞り加工のポンチ荷重の実験式では約 2t のポンチ荷重が必要であるが、トラクトリクスダイスでは最大 700kg で絞れることがわかる。このことは、硬い肉厚の大きい材料を絞る場合にトラクトリクスダイスによる絞りが有効である。また荷重が小さく