

# 薄板材料の曲線スリッティング法の開発とその応用

京都工芸繊維大学 工学学部 機械システム学科

教授 山口克彦

(昭和63年度研究開発助成 AF - 88007)

## 1. 研究の背景

広幅のコイル材を小幅の帯板に切断していく場合には、スリッティング加工が行われている。しかし、この方法は、板材を直線状にかつ平行にせん断していくものであり、曲線形状やテーパに沿った切断を行うことはできない。

帯板を任意の曲線形状やテーパ付きの直線にそって連続的にスリッティング加工していくことができれば、Fig.1に示すように、ブランク取りにおける材料利用率の向上や、ロール成形との組み合

せによる特殊形状の形材・管（例えば、フランジ部に凹凸がある長尺の形材や、長手方向に沿って直径が異なるテーパ管）の成形など、付加価値の高いいろいろな利用が考えられる。

従来、薄板材料を曲線に沿って切断していく場合には、ロータリーシャー、ニブリングマシン、タレットパンチプレスなどによる逐次せん断や、金型によるプレスせん断加工が用いられてきた。また最近では、レーザ切断加工も使用されている。しかし、これらの方法は、帯板を連続的にスリッ

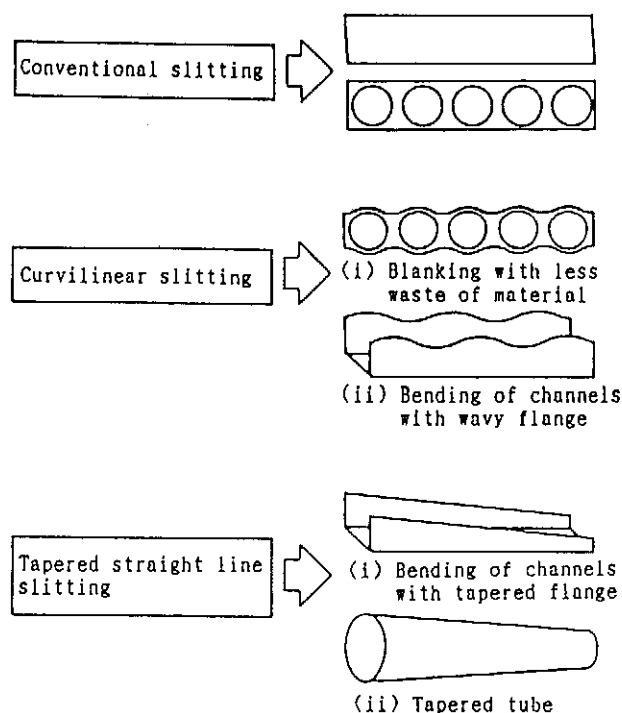


Fig. 1 Utilization of strips produced by curvilinear or tapered slitting process.

ティングしていく方法としてはいずれも作業能率が低く、必ずしも満足すべきものではない。特にプレスせん断では金型作製に時間を要するため、多品種少量生産の場合にはすばやく対応できないという問題がある。また、レーザ切断では装置が高価なことに加えて、切断部に熱影響領域が残存することなど改善すべき点が残されている。

## 2. 研究の目的

本研究では、これらの問題点を改善し、帯板の高速曲線スリッティング加工を可能にするために、新しい切断法の開発を目的にして実験的検討を行った。

曲線切断法の開発にあたっては、既存の塑性加工用設備および汎用性の大きい工具を利用することを念頭におき、圧延ロールとピアノ線を使用した。すなわち、帯板上にピアノ線を重ねて圧延ロールに通し、ロールの入口でピアノ線を板幅方向に移動させることによって、所望の曲線を自己創成しながら切断を行うという、きわめて簡単でかつフレキシブルなスリッティング加工法を考案した。

本切断法を実用に供していくためには、所望の曲線をいかにして創成するかが最も重要な課題である。そこで、本研究では、①ロール入口におけるピアノ線の移動をパソコンで制御した切断装置の試作を中心にし、②曲線スリッティングにおける基礎的事項および問題点の把握、③本切断法の応用などについて検討を行った。

## 3. 研究成果の概要

### 3.1 曲線スリッティングの方法および特徴

Fig.2に、本研究で開発した曲線スリッティング法の概略を示す。この方法は、ピアノ線を圧延ロールで板厚方向に押し込むことによって板を切断しようとするものである。

帯板を曲線形状に沿って連続的にスリッティング加工していくためには、板の送りに伴って線の

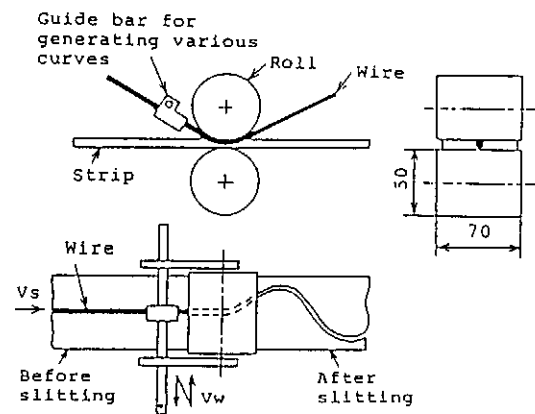


Fig. 2 Schematic illustration of curvilinear slitting and grooving of a strip by indentation of a piano wire with rolls.

押し込み位置を板幅方向に変化させてやる必要がある。そこで、ロールの入口に線を板幅方向に移動させるためのガイドバーを取り付けた。このガイドバーはパソコンで制御される位置決めコントローラに連結されており、パソコン入力に応じて板幅方向に運動する。板の送り速度  $V_s$  に対して線の移動速度  $V_w$  を適当に選べば、形状が異なる種々の曲線やテーパを創成することができ、この形状に沿ったスリッティング加工が可能になる。

本切断法は、プレスせん断のように1製品に対して1組の金型が必要になるといったことはなく、きわめてフレキシブルな切断法である。このため、多品種少量生産用の簡易切断法として利用価値が大きいと考えられる。また、本切断法はピアノ線を圧延ロールで板厚方向に押し込むという、いわゆる押し切タイプの切断であるため、通常のせん断で問題となる“かえり”がまったく生じない。また、回転工具による局所的な切断であるため、きわめて小さい荷重で高速の切断が可能であり、特に極薄板の切断に適した方法といえる。さらに、切断時の振動や騒音など付随的な問題もまったくないなど、多くの特徴を有している。

### 3.2 曲線創成装置の試作

5相ステッピングモータを使用して、ピアノ線を板幅方向に移動させることができる一軸位置決めコントローラ（移動速度400mm/S、繰り返し精度 $\pm 3 \mu\text{m}$ 以下）を作製し、圧延機（大東製作所、DBR100）のロール入口側に取り付けた。

この位置決めコントローラをパソコン制御するためのプログラムを作成し、テーパ、正弦曲線、その他任意形状の曲線の創成を行った。その結果、三角形や矩形波のようにシャープなコーナを持つ形状を除けば、入力した形状どおりの切断が可能であることがわかった。

### 3.3 曲線スリッティングにおける基礎的事項の把握

アルミニウム板（A1-O）と軟鋼板（SPCC）を用いて切断実験を行い、切断の可否、切断荷重、切断面の性状に対する線の寸法・形状、素板の板厚と板幅など加工条件の影響を検討した。その結果、次のことが明らかになった。

(1) 切断を可能にするためには、板厚と等しいかあるいは板厚よりも少し大きい径の線を用いることが必要である。板厚に比べて線形が大きすぎる

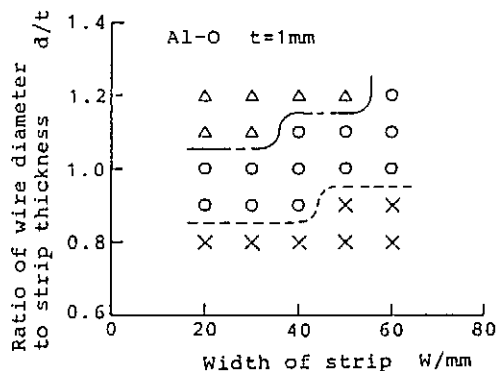


Fig. 3 Effect of combinations of wire diameter  $d$ , strip thickness  $t$  and strip width  $W$  on success or failure in slitting.  
 ○ : successful  
 × : unsuccessful (grooving)  
 △ : flatness of strip after slitting is not good

場合には、ロールによる板押え力が作用しなくなるため、切断後の板に波打ちが生じて平坦度が悪くなる。また逆に、線形が小さすぎる場合には、板面上に溝が形成されるだけで切断には至らない (Fig.3)。

(2) 切断荷重は、板厚が大きいくほど、また板幅が大きいくほど大きくなる。使用する線の直径が板厚と等しい場合には、線の押込みに必要な力P1のほかに、線の押込みによって生じた盛り上がり部を圧下するための力P2が加わるので、切断荷重が増大する。したがって、板厚よりも少し大きめの線を用いることが得策といえる。なお、三角線 (T.W.) を用いると丸線 (R.W.) の場合よりもかなり小さい荷重で切断が可能になる。また、板の両面に潤滑剤を使用すると切断荷重がさらにいくらか減少する (Fig.4)。

(3) 切断面の状態は、使用する線の形状によって異なる。丸線を用いた場合には円弧形状の一部、三角線を用いた場合には板面とある角度傾いたものとなるが、通常のせん断加工で問題になる“かえり”はまったく生じない (Fig.5)。

### 3.4 本切断法の応用例

#### (1) 閉曲線の切断

線を所定の輪郭形状に成形して継目を溶接し、これを板面上に並べて圧延ロールに通すという方法を採用すれば、Fig.6に示すような閉曲線の切断も可能になる。板材のプレス成形では、成形後に板縁をトリミングしてしまうので切口面の良否は直接的にはあまり問題にならない。このような場合には、ブランク取りの方法としても利用が可能である。

#### (2) 溝付け加工

本切断法では、線の押込み深さを加減することによって、種々の深さの溝付け加工を行うこともできる。すなわち、板厚に比べて線の押込み深さが小さければ切断には至らず、板面上に溝が形成されることになる。Fig.7に得られた溝形状の例を示す。切断の場合と同様に、ロールの入口で所

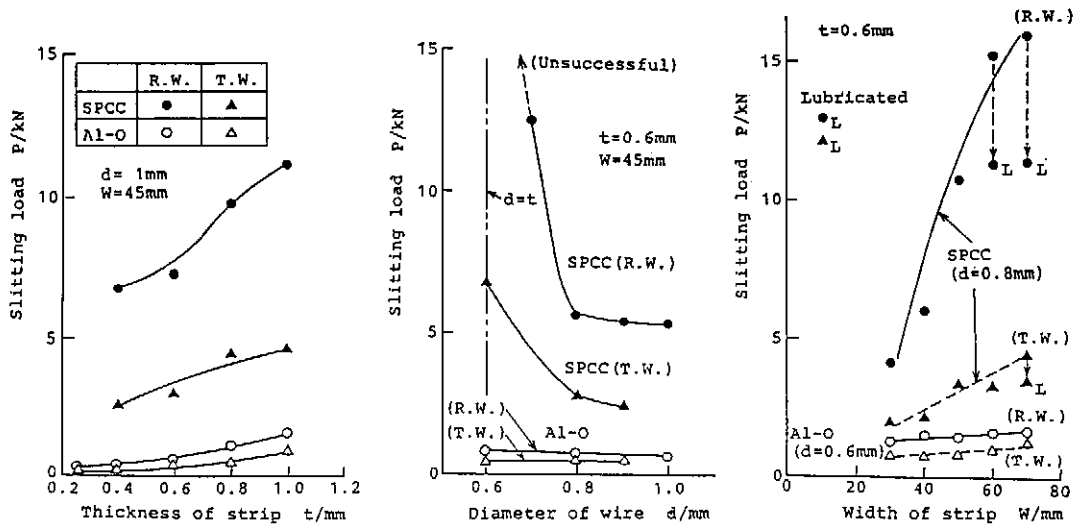


Fig. 4 Effects of thickness and width of strip, shape and diameter of wire, and lubrication on slitting load.

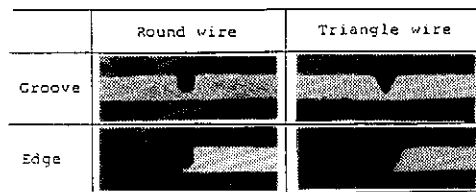


Fig. 5 Cross-sections of grooves formed and edges slit by indentation of round and triangle wires. (Al-O, t=1mm)

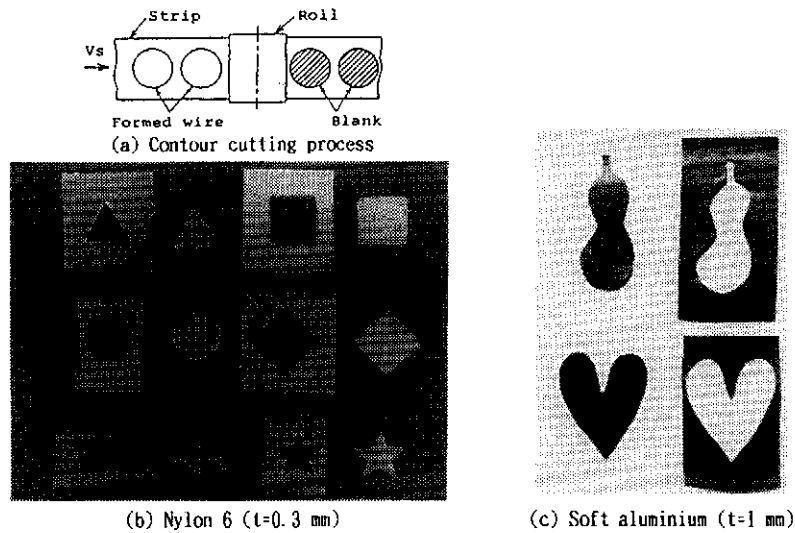


Fig. 6 Examples of products obtained by contour cutting with wire tools.

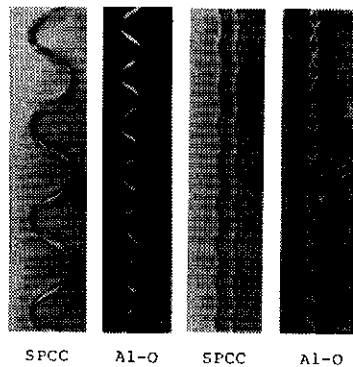


Fig. 7 Application of this slitting technique to curvilinear grooving on strip surfaces ( $t = 1\text{mm}$ ).

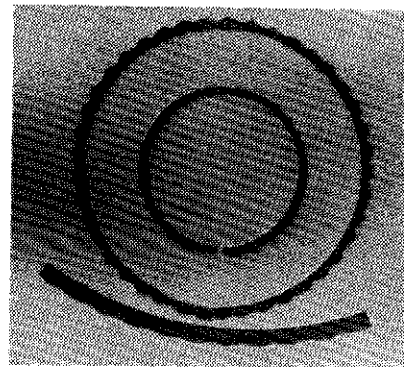


Fig. 8 Application of this slitting technique to in-plane bending of soft aluminium strips having curvilinear edge ( $t = 1\text{mm}$ ).

要の曲線を創成することによって種々の形状の曲線溝を形成することができる。また、複数の線を使用すれば、多列の溝や装飾的な模様を付けることもできる。

(3) 『曲線切断』と『面内曲げ』の同時加工

ロールの出口側に、切断後の板を左右に分離させるための治具をセットしておくこと、切断された板が一定の曲げモーメントを受けながら出てくる。このため『曲線断面+面内曲げ』同時加工が可能になる。Fig.8に、このような方法で得られた

製品例を示す。通常の帯板（板縁が直線形状）の場合には、圧延法による面内曲げも行われているが、板縁が曲線形状の帯板の面内曲げを簡単な方法で実現した例はない。

(4) 非金属薄板材料の切断加工への適用

本切断法は、アルミニウムや軟鋼板などの金属薄板のほかに、プラスチック薄板や合成皮革、布、紙などに対してもうまく適用出来る (Fig.9)。これら非金属薄板材料の場合には、金属材料に比べてきわめて小さい荷重で切断が可能である。

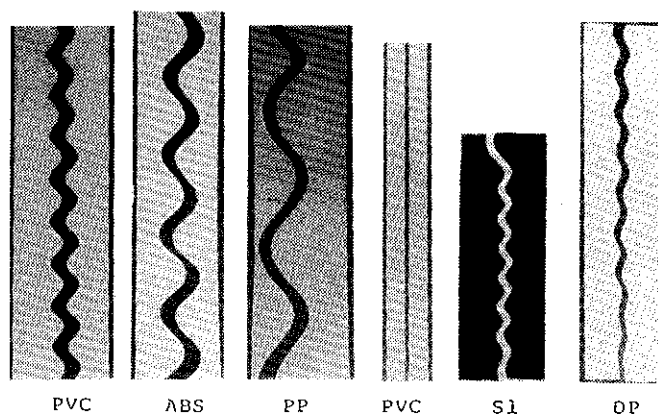


Fig. 9 Typical examples of curvilinear slitting (plastics strips, synthetic leather and drawing paper).

#### 4. あとがき

本切断法では、板材の変形抵抗が工具である線のそれに近い場合には、線の変形（上ロールに接する側が偏平化する）が問題になる。Fig.10に、このような線の変形状態と使用回数の関係を調べた例を示す。軟鋼板を切断する場合には、1回の切断によってかなり大きく偏平化し、その後も使用回数とともに徐々に変形が進んでいく。一方、アルミニウム板の場合には、同一の線を繰り返して使用しても線の変形はほとんど見られない。

このような線の変形は、切断すべき板の厚さによっても異なる。板厚が薄い場合ほど切断荷重が小さくてすむので、軟鋼やステンレス板を切断する場合でも、板厚が薄ければ線の偏平化はほとんど生じない。

以上のように、板厚が薄い場合には線の変形はほとんど問題にならない。また、板厚が薄い場合

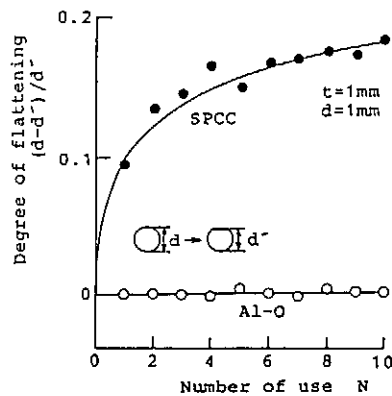


Fig. 10 Relation between flattening of a wire and number of use N.

には、直径が小さい線を使用することができるので、切断面の形状（線の断面形状の一部）も改善される。したがって、実用的な見地からすると、本切断法は箔（板厚0.2mm以下）と呼ばれるような極薄金属板の切断、あるいは板厚が1mm程度の場合には、アルミニウムや非鉄金属材料（プラスチック薄板、合成皮革、布、紙など）など、比較的変形抵抗が小さい材料の切断に適しているといえる。

本研究は、財団法人天田金属加工機械技術振興財団から研究開発助成を受けてなされたものであることを付記し、心から深甚なる謝意を表します。

#### 発表論文

- 1) Yamaguchi, K., Takakura, N., Yoshikawa, Y. and Fukuda, M. : Grooving, Slitting and In - Plane Bending of Thin Metal Sheets by Indentation of a Piano Wire with Rolls, Proc. 4th Int. Conf. Rotary Forming, (Beijing), (1989), 18
- 2) 山口克彦, 吉川佳伸, 高倉章雄, 福田正成, : 綱細線と圧延ロールを工具とした金属薄板の曲線スリッティング加工, 塑性と加工, 26 - 298 (1985), 1102.
- 3) Curvilinear Slitting and Contour Cutting of Thin Plastics and Metal Sheets by Indentation of a Steel Wire with Rolls, Proc. ASME Winter Annual Meeting (Anaheim, California), (1986), 139.

★ 2), 3) は本研究に関連した発表論文