

フレキシブルスリッターロールスタンドの開発

—サーボ冷間ロール成形機械の開発—

拓殖大学工学部 機械システム工学科

教授 小奈 弘

(平成 18 年度一般研究開発助成 AF-2006006)

キーワード : スリッターロールスタンド、曲線切断、PLC 制御

1. 研究背景

冷間ロール成形機械はガス、水道などのパイプ成形、各種建築・土木用部材の成形などに必要不可欠の塑性加工機械である。本機械で成形される成形品は長尺の均一断面形状材であることを特徴としているが、生産面では高精度寸法、高品質の製品を高速・連続に成形できることである。このようなことから、本製造技術は自動車業界、家電製品製造業界から注目されるようになり、これらの分野で使用されるようになった。

一方、近年の制御技術、コンピュータ技術の発展は著しい。これらの技術と塑性加工技術とを結合した新塑性加工機械の開発・研究が国内外で盛んに行われている。

2. 研究目的

申請者は図 1 に示す断面高さが周期的に変化する異形角形断面材を(1)「コイル材のロールスリット」、(2)「板縁成形」、(3)「角形断面成形」の工程で連続成形するサーボ冷間ロール成形機械を開発している。ところで、鋼板の切断にはガス溶断、レーザ切断、ウオタジェット切断などの各種方法があるが本冷間ロール成形のように長尺のブランク材を必要とする切断にはこれらは向いていない。本研究は長尺コイル材のロールスリットを可能にする切断機械を開発することを目的としている。

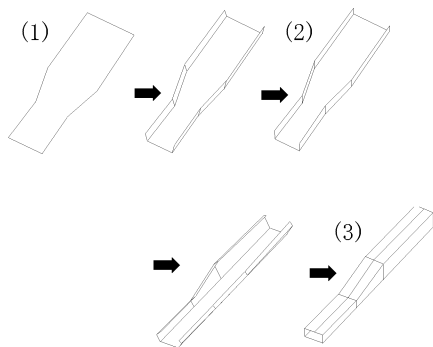


図 1 長尺角形断面材連続製造ライン概略図

3. 実験方法、および結果

3-1 スリッターロールスタンドの設計 鋼板(板厚 0.5mm,

幅 300mm, 長さ 1824mm の冷間圧延鋼板(SPPC))を曲線状(カーブ)に切断するスリッターロールスタンドは次に示す 2 種類の方法で行った。

(1) 鋼板を真直挿入させてスリッターロールスタンドの向きを変える方法 図 2 は上下スリッターロールと強制駆動用三相誘導モータを組み込んだスタンドである。

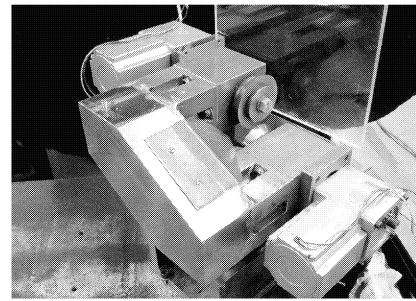


図 2 スタンド移動方式のスリッターロールスタンド

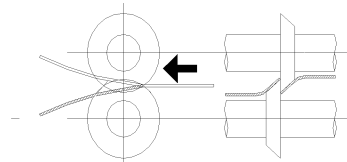


図 3 スリッターロール形状

スリッターロールの形状は図 3 に示すように傾斜角度付き(60°)のロールである。本スリッターロール装置は図 4 のように、図 2 のスタンド①をアクチュエータ③に取り付け、これを CPU(Computer Progressive Unit)ユニット②でプログラミングされた姿勢と位置に制御する構造になっている。

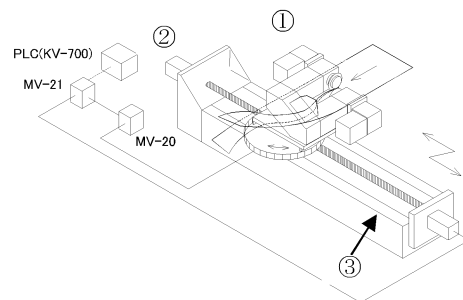


図 4 スリッターロールスタンド、および CPU 機器

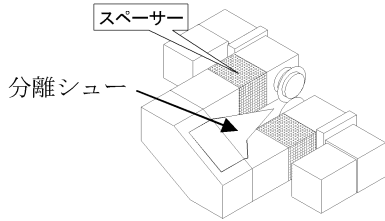


図5 切断品の上下分離のためのスペーサ

スリッターされた鋼板を上下に分離させるためにスリッターロール出口側に図5に示す分離シューを取り付けた。この分離シューとスリッターロールとの間隔を調整できるようにするためにスペーサー(厚さ=0, 28, 56 mm)を挿入した。

スリッターロールスタンドの位置・姿勢制御は図6に示すように行った。CPUユニット(KV1000)のMOTIONBUILDER, KV-H20Gを用いて、サーボモータの操作指令プログラムを作成した。ブランク材の送り量を横軸に、スリッターロールの板幅方向への移動量を縦軸に、また、角部の曲線切断を行うスリッターロールスタンドの向きを変化させるための方向転回用の角度変化(首振り量)を縦軸にとった。これらの移動量は0.1mmを1パルスとしている。また、図6に示すブランク材の板幅方向移動量と首振り角度量は同期するようにしている。

(2) **スリッターロールスタンドを固定して挿入鋼板の向きを変える方法** 本実験装置は図7に示すようである。上下スリッターロール①を固定スタンド②に組み込み、挿入するガイドプレートの向きを変えることによって曲線切断を行う方法である。鋼板を挿入するガイドプレート③は

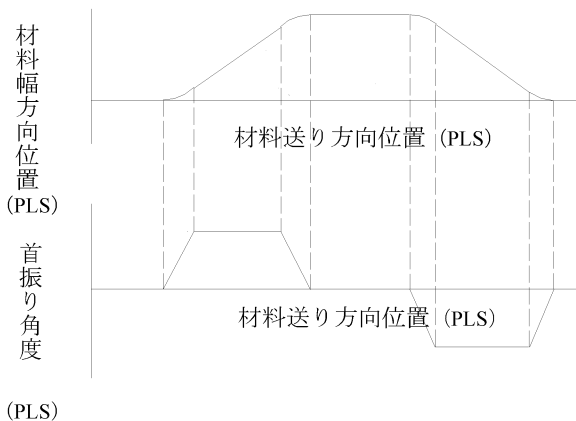
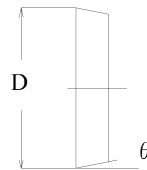
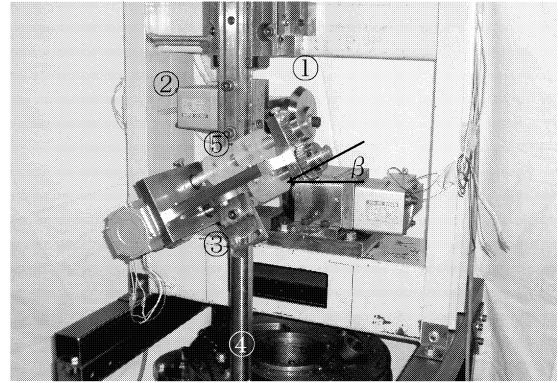


図6 サーボモータ同期曲線

上下スリッターロール軸心の真下に回転中心を持つアームに垂直なガイドプレート支持柱④に固定した。ガイドプレート③には図示のように鋼板を送るためのウレタンロール⑤が取り付けられている。更に、スリッターロー

ルに対して材料の挿入角度 α は変えられるようにしている。スリッターロールの刃先の角度 θ は表のように60, 69, 78度である。



| | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|
| 外径 D (mm) | 124 | 129 | 134 |
| 刃先角度 θ (度) | 60 | 69 | 78 |
| 挿入角度 α (度) | 30 | 21 | 12 |

図7 スタンド固定方式のスリッターロール, およびスリッターロール形状と寸法

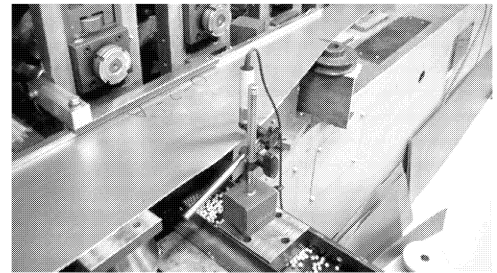


図8 切断口近傍の変形状況の測定

4. 測定方法および実験結果

4-1. 測定方法 2種類のスリッターロール装置で切断された製品の評価は切断板縁に生じる変位量(座屈状の波)を変位計によって測定した値で行った。図8は切断された板縁を長手方向に沿っての測定状況である。

4-2. 実験結果

(1) **鋼板を真直挿入させてスリッターロールスタンドの向きを変える方法の場合** 図6のサーボモータ同期曲線において3種類の曲線(プログラム NO. 1~3), および直線切断の計4種類の切断パターンで切断を行った。図9, 図10は図5のスペーサーの厚さを0mm, 56mmに設定して4種類の切断パターンで切断したときに得られた切断品片側の切断変形状態を示している。

図8は切り口近傍の波の散布を鋼板先端より250mmから

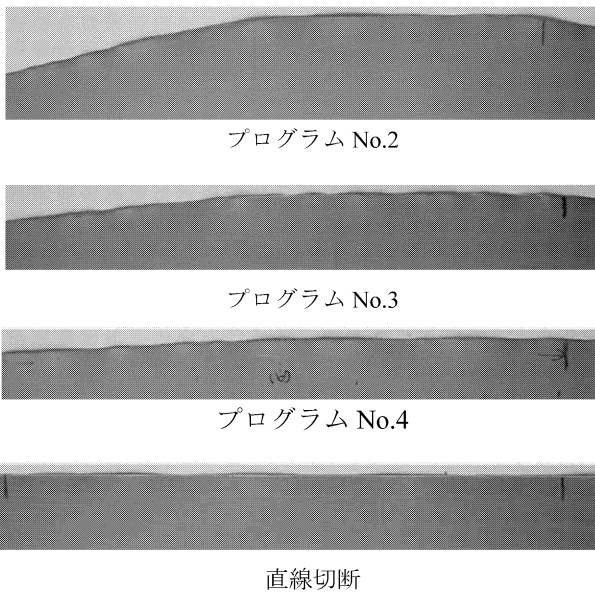


図9 各種曲線切断と切り口近傍の変形 (L=0)

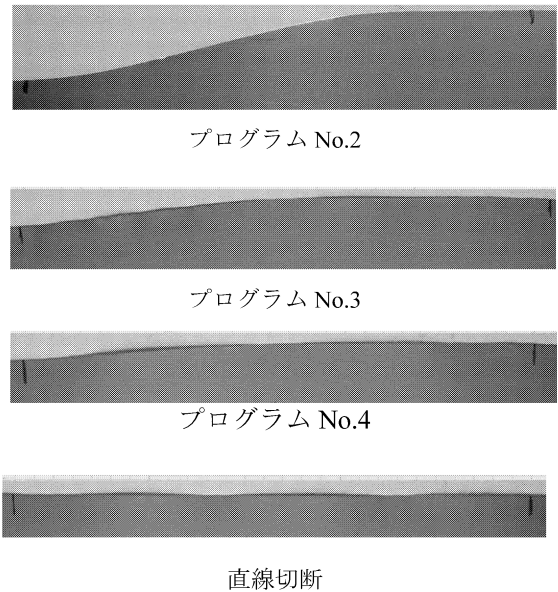


図10 各種曲線切断と切り口近傍の変形(L=56)

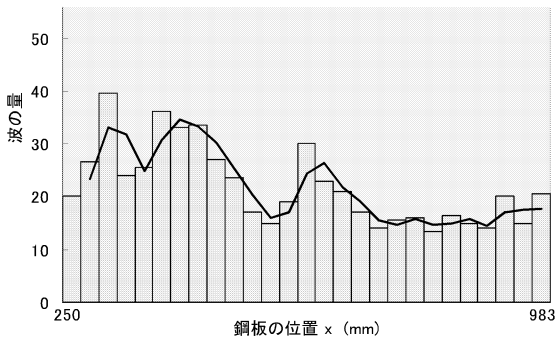
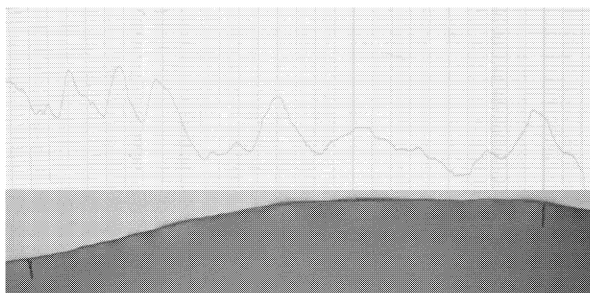


図11 切り口近傍の波散布と波高さ集計

980mmの間を変位計で測定した波高さの合計値を4種類の切断プログラムパターンで比較したものである。

表1 各種スペーサー厚さ、各種プログラム切断における切り口近傍の波高さ

| プログラム | スペーサーの厚さ (mm) | | |
|-------|---------------|-----|-----|
| | 0 | 28 | 56 |
| No.2 | 558 | 538 | 375 |
| No.3 | 766 | 485 | 435 |
| No.4 | 658 | 457 | 392 |
| 直線 | 474 | 351 | 337 |

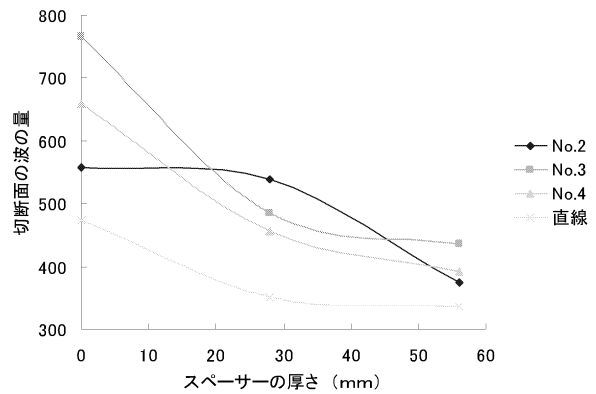


図12 波高さとスペーサー厚さの関係

表1は4種類の切断パターンについてスペーサー厚さ(図5)を変化させたときの波の散布をしめしている。図12はこれをグラフで示したものである。図12より次の結果を得た。

- 1) スリッターロールで切断された切断片を上下に分けるブロック台はスリッターロールから離すほど波の発生は少なくなる
- 2) 切断曲線の曲がり度合が厳しい場合には波の振幅が大きくなる
- 3) 切断曲線の曲がり度合が厳しさと波の振幅合計値の大小とは一致しない

(2) スリッターロールスタンドを固定して挿入鋼板の向きを変える方法

図13に示すようにスリッターロール角度 θ に対する水平面との角度 $\beta (=90-\theta)$ とガイドプレート[AB]の傾け角度 α の関係を $\alpha/\beta=1$ にとって切断したとき、切断曲線と切断品の関係を調査したのが図14である。①、②は切断カーブが比較的なだらかな場合である。

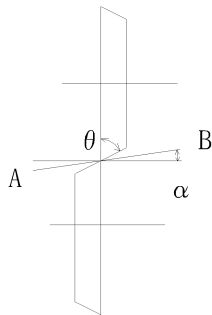


図 13 挿入ガイド板 AB の取り付け角度 α

図示のように切断近傍には波が発生しない。また、切断方向を変えて元の状態に戻す切断場所においても波の発生は少ない。しかし、切断方向を変えた近傍で若干のゆがみを生じることが光の反射具合で認められる。③、④は切断方向を大きく変える切断の場合である。図示のように屈曲点での波の発生は顕著になる。特に方向を変えるまでの間隔が短いときにこの傾向が強くなる。結局、スリッターロールの向きを変えながら曲線切断する方法は切断カーブがなだらかで、かつ、方向転換のための距離が充分にとれる切断に限り実用に供する切断品が得られることがわかった。

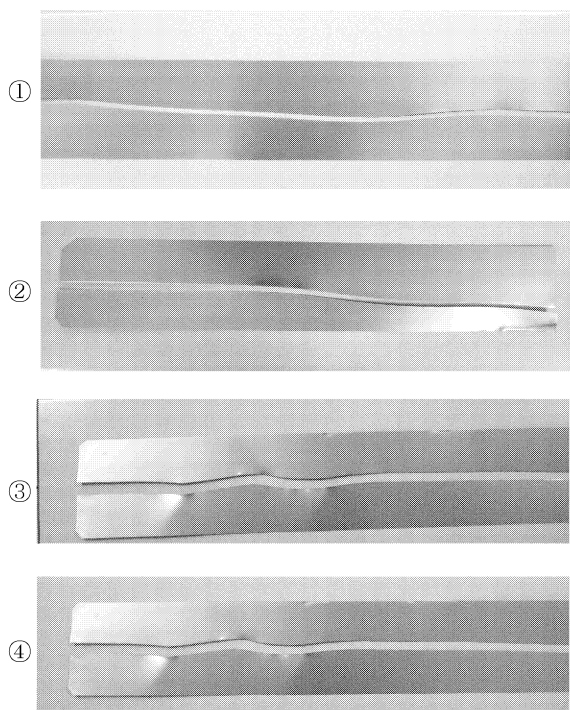


図 14 切断カーブ形状と切断近傍の変形

スリッターロールの傾斜角度と材料挿入角度の比が ($\alpha/\beta=1$) の時には波の少ない切断が可能であるが、この比率の値が小になると波の発生が多くなる実験結果を得ている。

5 考察

図 15 は鋼板を図示のカーブ(自由曲線)に切断する模式図である。切断方法(1)、(2)にかかわらずスリッターロール軸の軸心は切断される曲線カーブに対して直角を保つことが基本である。これを行うためのラダープログラミングは目的の動作を行った。切断状態に関しては切断方法(1)では切り口近傍の波の発生、切断方法(2)では切断方向を変える切断に限界がある。

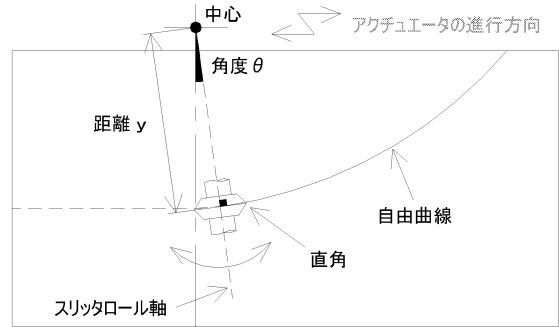


図 15 曲線切断のためのスリッターロール位置設定

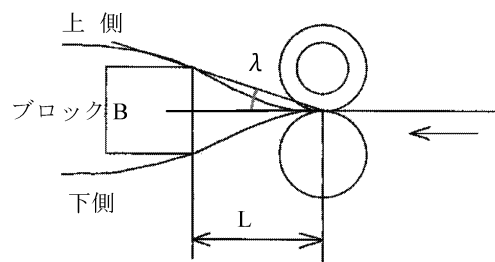


図 16 波の発生機構

図 16 は波の発生を考察する図である。スリット後の鋼板を上下に分けるブロック B の位置がロール中心から離れたると(L が大のとき)波の発生は急激に減少する。これは図中の角度 λ が影響していることが考えられる。すなわち、スリッターロールで切断された後に切断片を上下方向に分ける際に(L)小は(λ)大の関係を生む。これが切り口近傍に大きなひずみを生じさせ、ここでの過剰なひずみが波として現れたと考えられる。よって、波の発生防止はブロック B をロール中心から離れた位置に設置すべきである。切断方法(2)の問題であるスリット方向をより大きくするための対策は現状では不明である。

6. 結論

二種類のスリッターロールスタンドで帯板鋼を曲線状に連続切断する装置の設計、および、この装置による切断実験を行った。結論的にはコイルを直進挿入してスリッターロール装置を動かす切断方法の方が不良品の少ない切断ができることがわかった。最後に、本研究を行うに際して天田金属加工機械振興財団から多大な研究支援を頂きました。ここに記し深く感謝の意を表します。