

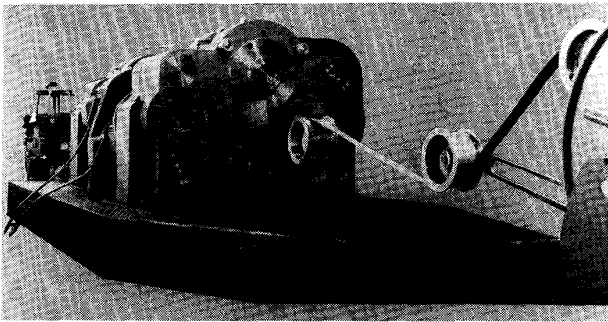
© 1986 ISIJ

クロス圧延機の開発 新しい技術
■■■■■■■■

吉田 桂一郎*

Development of Cross Rolling Mill

Keiichiro YOSHIDA



クロス圧延装置 (出口側)

1. 緒 言

一般に平角線と呼ばれている金属条は多種類の材質が使用され、かつその用途は広範囲に及んでいる。例えば金属条の弾性を利用したばね構造がある。また熱処理を施し粘り性のある硬さのものは日常生活に馴染み深い洋傘の骨がある。ちなみに我が国における洋傘の需要量は年間 500 万ダースにも達し、傘骨の素材として 3200t もの硬質平角線が使用されている。

また軟質平角線には事務用品の止め金 (ホッチキス) がある。更に同類で大型の止め金具 (Stapling wire と呼ばれているボール箱組立用金具) は年間 7200t ほどのものが国内で使用されている。しかしこれらは平角線需要の一例を示したに過ぎない。

金属条の製造方法には大きく分けて 2 通りある。

切断方法 (Roll slitter) によつて広幅の金属帯を多条切断するものと、線材から圧延方法で作られるものがある。

切断方法によつて得た金属条は切断部分の形状が問題となる場合が多い。需要家の要求する側面形状は一定ではない。鋭いエッジ (Sharp edge)、球面 (Round cor-

ner) などがある。そのため刃物で局部を切削成形するか、または圧延成形を施す必要がある。

線材を圧延方法で平角条に成形する際に図 1 の形状を求める場合には圧延ロールを直列配列すれば目的を果たし得る。図 1-(a)-(b)-(c)-(d)-(e)-(f) の断面形状は圧延方法で製造可能な代表例である。

近年線材のコイル重量が大きくなっている。従つて圧延方法で平角形状に成形することは生産性の面で非常に有利となる。しかし従来の圧延法には解決すべき問題があった。すなわち線材から平角へ変形する際に平角側面に発生する微細き裂 (Hair crack) の問題である。

比較的硬い材質の線材を高圧延率で平角形状に圧延を

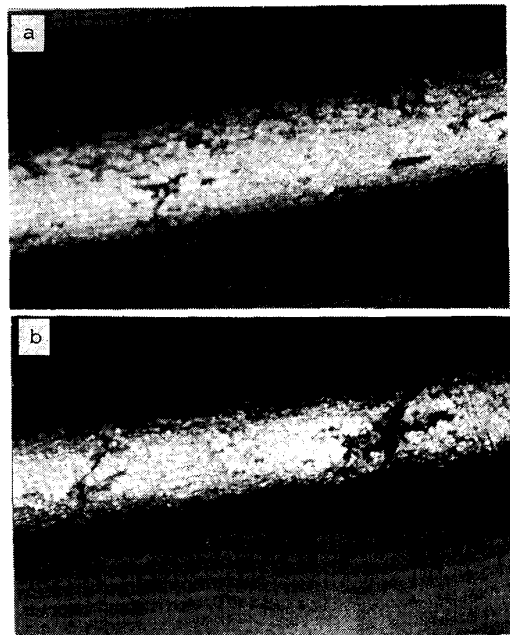


写真 1 平角線の側面に生じたき裂

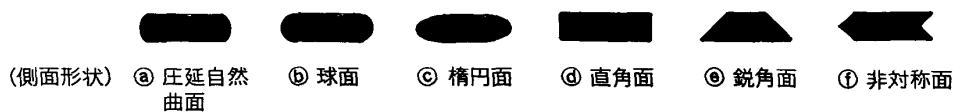


図 1 圧延法で製造可能な断面形状の代表例

昭和 60 年 8 月 30 日受付 (Received Aug. 30, 1985) (依頼新しい技術)

* (株)第二吉田記念鉄工所技術開発部長 (Daini Yoshida Kinen Iron Works Co. Ltd., 699 Mobara-city Chiba pref. 297)

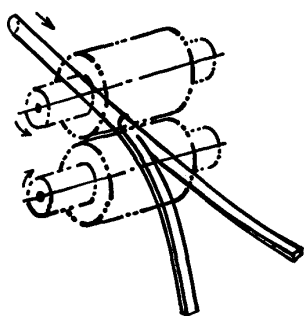


図 2 硬質線材が平角形状に圧延変形される際のき裂現象

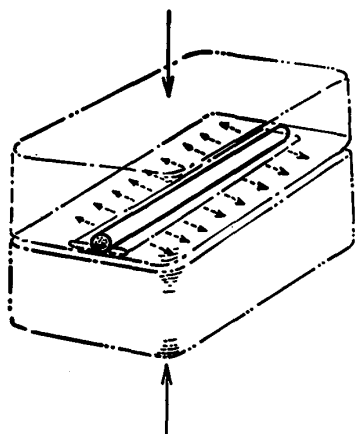


図 3 線材の平面加圧法

施す場合には図 2 に示すような平角線の中央部にき裂が生ずる。き裂を避ける目的で毎回の圧延率を小さくし、多パス圧延をする場合、写真 1 に示すような微細なき裂が発生し、最終的には破断につながる。

2. 線材の圧延

通常線材圧延は 2 段圧延ロールが使用されているがそのロール直径は線径の 100~150 倍のものが多く用いられている。線材が平角に圧延変形される際は、線径に対する圧延後の厚さ比 50% 程度まではロール直径比 (ロール直径/線径) がいかほど大きくも 1 パス圧延が可能でありかつ線材の長さ方向への伸び率は小さくなる。一般に線材圧延において長さ方向の伸びが少なく幅拡がり変形が大きいほど側面のき裂は減少する。従って、幅拡がり大きい加工方法が望ましい訳である。図 3 は線材が最大幅拡がりを示す条件を示している。実験は線材を硬化アンビル (Anvil) の間で平角に加圧変形する、線材の長さ方向は拘束抵抗が大であるから線材は点線方向へ展延する。この図のように加圧変形された平角側面に、き裂は極めて発生しにくいことが実験で証明された。

3. クロス、ロールの着想

線材圧延時に長手方向への伸びを小さくすることを目的としたロール圧延がある。以上のような基礎的検討に

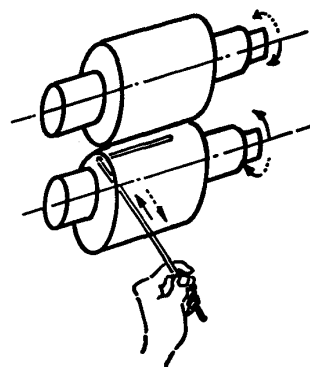


図 4 線材を幅方向へ拡大圧延テスト

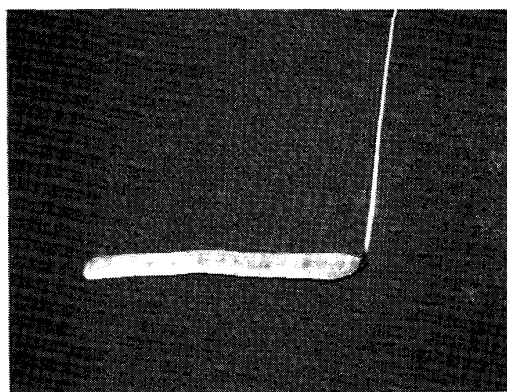


写真 2 幅方向圧延材の実物

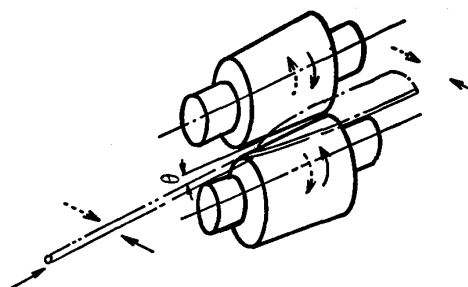


図 5 線材を連続的にクロス圧延する動作

基づいて、線材の長さ方向の変形を最小にし、幅拡がりを最大とすることを實現する新しい圧延法を考慮し、クロス圧延法と銘名した。図 4 はクロスの圧延の動作を示す。

圧延ロールの回転方向は矢印実線と矢印点線の繰返しを行つた。従って圧延線材は矢印方向へ前進、後退する。ロール下はパスごとに行つた。結果は長手方向の伸びは 3% 程度であり、厚さ 0.17 mm, 幅寸法 10 mm (約) となり線材直径の 6 倍を越える幅拡がりを得られた。実験に用いた線材は炭素鋼 C=0.3%, 球状化処理, 線径 1.5 mmφ でありロール直径は 150 mmφ である。

写真 2 は圧延後の平角部実物写真を示す。

このような圧延を連続的に行うために考案した圧延機のメカニズム、圧延材料の挙動について以下説明する。

通常の圧延を施す

クロス圧延を施す

線材 5.6 mm φ

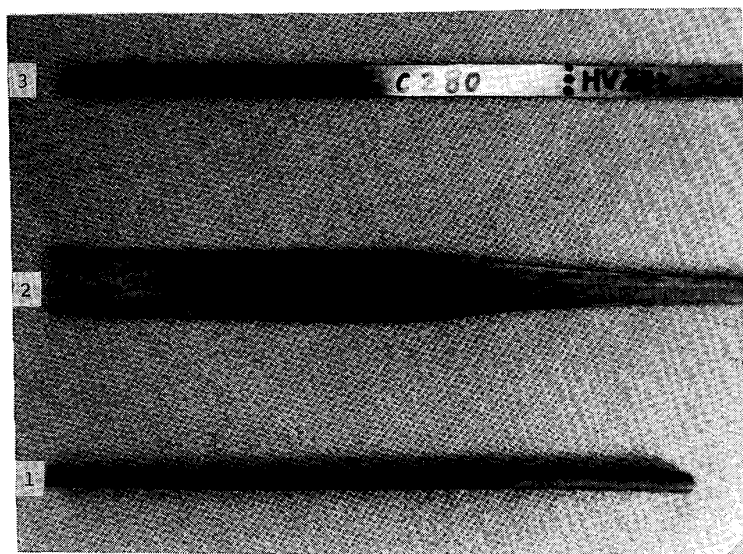


写真 3 素材と通常圧延法，クロス圧延法による幅拡がり
と圧延後の硬度比較

図 5 は線材をロールの軸芯に沿って平角圧延が進行する動作を示す。ロールの回転は矢印実線，矢印点線のごとく揺動させる。それ従つて線材は平行運動をしながら前進する。一對のロール胴部は傾斜角度 (θ°) が設けてある。従つて線材は挿入量に対応する圧延量が定められる。図 5 に示されているごとく線材が幅方向へ拡大された形状でロール軸芯に沿つて出口側へ導かれる。

この圧延機により高速間欠的に線材が進行するが長尺コイル材を従来の加工方向と 90° 交叉する圧延を可能にした。

写真 3 にクロス圧延機及び通常の圧延機を用いて製造した平角線の比較を示す。圧延に用いた素材は写真 3 の 1 に示してあるが線径 5.6 mm φ，鋼種 Knir，球状化処理，引張強さ 58.7 kgf/mm²，C=1.26%，Mn=0.3% である。

写真 3-2 は揺動するロール直径 250 mm φ を用いクロス圧延を施した結果を示している。平角寸法の幅 19 mm，厚 1.25 mm 加工後の硬度は幅方向に対して同一の値を示した。写真 3-3 はロール径 200 mm φ の通常の 2 段圧延機で常温圧延を行つたものであり，厚さ 1.25 mm，幅 6.5 mm，幅方向の拡大率は小さいがすでに微細なき裂が側面に発生していた。

4. 機構の注目点

図 5 に示す圧延方法で果たして，まっすぐな平角圧延が可能か否かが疑問の焦点であつた。安定したクロス圧延は揺動する圧延ロールに対応して正しい圧延量が保たれることが必要である。この圧延は高速揺動するロールへ線材が噛込動作のずれを生じることなく進行しなければならない。実際は極めて簡単な機構で解決することができた。

その要点は揺動するロールへ線材が噛み込む瞬間はロール周速が静止した状態にある。従つて噛込時は静摩擦

の条件で毎回のパスが開始される。つまり噛込みのタイミングは安定であつた。結果はクロス圧延された製品の直進性によつて確認された。

5. クロス圧延の加工例

クロス圧延法で線材を圧延した場合，線径と幅拡がり
は通常次のごとくとなる。

[軟質材料の場合] 線材径の 4~5 倍

[硬質材料の場合] 線材径の 3~4 倍

(軟質例)

9 mm φ 低炭素鋼 (C=0.15%)，抗張力 45 kgf/mm²，

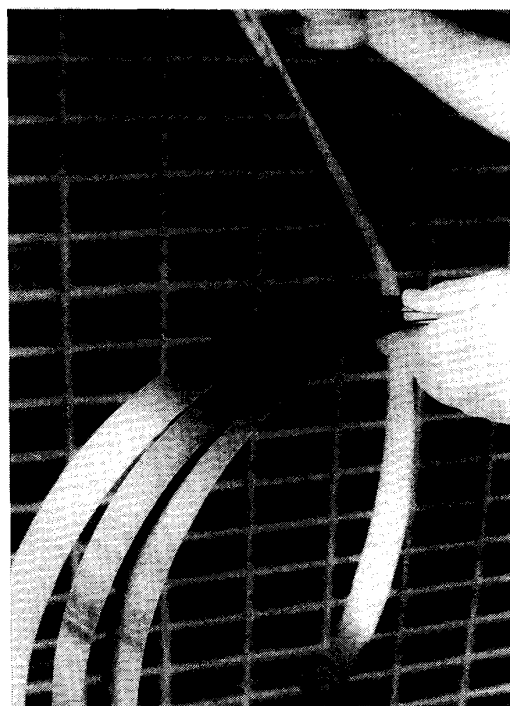


写真 4 9 mm 線をクロス圧延した実物

クロス圧延後の幅 45 mm, 厚 1.35 mm, 加工速度 4.5 m/min, 写真 4 はクロス加工後更に通常の 200 mm ϕ 二段圧延機を用いて厚 0.5 mm に圧延した物の写真を示す, コイル端末に 9 mm ϕ を比較のために残してある。

(硬質例)

6.5 mm ϕ 炭素鋼 (C=0.85%) 抗張力 115 kgf/mm², クロス圧延後の幅 17.5 mm, 厚 1.8 mm, 更に無焼鈍でワークロール 80 mm ϕ 4 段圧延機を用いて厚 0.5 mm に圧延した。その時の抗張力は 239 kgf/mm² である。

(硬度の分布)

常温のクロス圧延において線材から 4~5 倍に幅拡がりを得た平角条の硬度 (ロックウェル硬度計使用) 分布は, 中央部並びに両端部に対して均一であつた。これは当初予期していなかつた成果であつた。

(展性に就いて)

粉末冶金法によつて作られた, モリブデン (純度 99.95%) 棒状材料を熱間クロス圧延を施した結果, 幅 60 mm に拡大, 更に通常の 4 段圧延機で 0.2 mm 厚に

圧延後軟化処理したものはプレスによる絞性に優れ特に異方性による絞りの不都合が生じなかつた。

6. 結 言

クロス圧延法の特長は, 材料の長手方向変形を極力, 小さくし幅拡がり変形を重点的に起こさせ線材から欠陥のない平角線を製造することである。

現在のところ, 本圧延法を適用することにより, 幅拡がりとしては素材の 3~5 倍, 圧延率としては硬質線材で 70%, 軟質線材で 85% 程度の変形が可能である。しかし, 本圧延法は圧延ロールを揺動させる機構に成つてゐるため, 間欠的な圧延動作と成り飛躍的な速度アップは困難である。

現在得られている安定圧延最高速度は 6 m/min である。本圧延機を開発後クロス圧延技術の know-how が蓄積されつつあり, エッジ・ドロップの対策が見出されたことまた絞性の良いモリブデン板の製造など従来の圧延法では得られない利点がしだいに認められてきた。