

技術報告

UDC 621.771.23.09 : 621.791.94

ホットストリップミル用ドラム形異周速クロップシャ

大森 舜二*・林 寛治*・日朝 幸雄*

吉谷 弘毅*²・橋本 正一*²

Study on Drum-type Differential Speed Crop Shears in Hot Strip Rolling Mills

Shunji ÔMORI, Kanji HAYASHI, Yukio HIASA

Hiroki YOSHIYA, and Shôichi HASHIMOTO

Synopsis:

Recently it is required to improve the cutting performance of crop shears in hot strip mills. This paper shows the development of a new drum-type crop shear which is characterized by the differential speed cutting mechanism. The effect of this mechanism is proved by shearing tests of heated steel (at a temperature ranging between 800°C and 1100°C) using an about 1/2 scale test machine. It is confirmed that this shearing method has such advantages as stated below, compared with the conventional drum-type crop shear, and can improve the cutting performance as expected.

(1) Shearing surface has less "curl deformation" and "burr"

(2) Thrust force, which is the cause of interior shearing, is effectively reduced to an amount between a half and a quarter, and the critical clearance can become twice as large as on the conventional drum-type crop shear.

1. 結 言

省エネルギー及び歩留り向上は、鉄鋼業界の重要課題であり、ホットストリップミルにおいてもそのための諸改善が積極的に進められている。

省エネルギー対策として、素材の抽出温度の低下、粗厚の増大を行い、加熱エネルギーの節約、放熱損失エネルギーの低減を計っている。また歩留り向上策として、板幅及び板先後端不整形の改善によるトリム損失、クロップ損失の低減に努力が払われ、効果を上げつつある。

しかし、これら改善努力の結果である素材の温度低下、粗厚増大、クロップ長の短縮は、クロップシャに対しては切断条件の過酷化であり、切断能力および分断機能の不足が問題となってきた。これら問題解決の方向の一つとして新しい形式のクロップシャの開発が進められているが^{1)~3)}、従来のドラム形シャは構造が簡単で保守が容易という、すてがたい利点を持っている。

そこで本研究では、ドラム形クロップシャの切断メカニズムを追求し、分断機能向上策を探った。その結果として、新しく見出した異周速切断法により分断機能が大

幅に向上し得ることがわかつたので、ここに本切断方式の原理および効果について報告する。

2. 異周速切断の考え方

シャの分断機能は上下刃先間隙と密接な関係があり、これが過大になると分断不良が生ずることが知られている⁴⁾。ここにおいて問題となる刃先間隙は、切断中の値である。この値 g' は Fig. 1 で説明するように側圧力 F により拡大され、(1)式のように初期設定値 g_0 より大きくなる。

$$g' = g_0 + F/K \dots\dots\dots (1)$$

ここにおいて K は、刃物および支持構造物の間隙方向の剛性である。

(1)式で分かるように剛性 K を大きく、側圧力 F を小さくすれば g' が小さくなり、分断能力が向上すると考えられる。剛性 K を大きくする策としては、すでに両側歯車方式が提案されている⁵⁾。これに対し筆者らの提案する異周速切断は、側圧力 F を小さくしようとするものであつて、Fig. 2 にその原理図を示す。

基本的構造は通常のドラム形クロップシャと同じであ

昭和 56 年 4 月 6 日受付 (Received Apr. 6, 1981)

* 三菱重工業(株)広島研究所 (Hiroshima Technical Institute, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., 4-6-22 Kannonshinmachi Nishi-ku Hiroshima 733)

*² 三菱重工業(株)広島造船所 (Hiroshima Shipyard and Engine Works, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.)

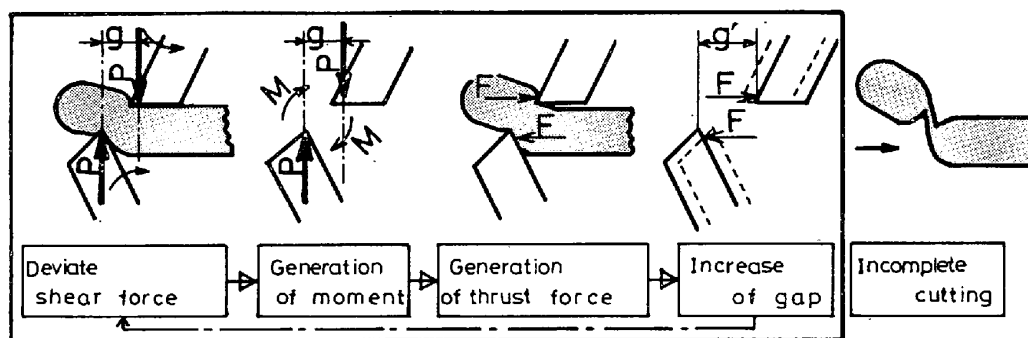


Fig. 1. Mechanism of incomplete cutting.

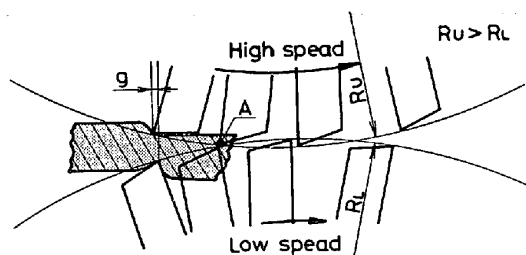


Fig. 2. The principle of shear cutting by revolving edges at differential speed.

るが、上刃の回転半径 (R_U) を下刃の回転半径 (R_L) に対し数 % 大きくしている点で異なっている。刃先のラップ開始点 (Fig. 2 A点) で所定の間隙 g 。(負荷状態では(1)式により g' となる) となるよう調整し同一回転数で上下ドラムを回転する。本構成によれば、Fig. 2 に示すように、刃先ラップ開始前、すなわち素材切断中は、下刃の方が上刃より先行している。その結果、素材に与えられる回転偶力は、Fig. 1 の場合に対し反対方向となり、刃先間隙は、むしろ狭まる方向にあり、これを拡大させる側圧力が抑制できる。

以上の検討結果を検証するため、つぎの実験を行った。

3. 実験方法

Photo. 1 に実験装置の写真を、Table 1 に主要仕様を示す。異周速切断を行うために刃物の底にシムを敷き、上下刃先の回転半径が調整できるようにした。またドラム軸の操作側 (反駆動側) にも歯車を組み込めるようにして、いわゆる両側歯車方式の効果と本方式の比較が行えるようにした。なお被切断材としては SS41 材で、板幅 100 mm、厚さ 20~30 mm のものを用意した。被切断材は、付設した電気炉にて試験温度 1000°C に加熱した。

実験にあたっては切断面形状のほか切断中の刃先間

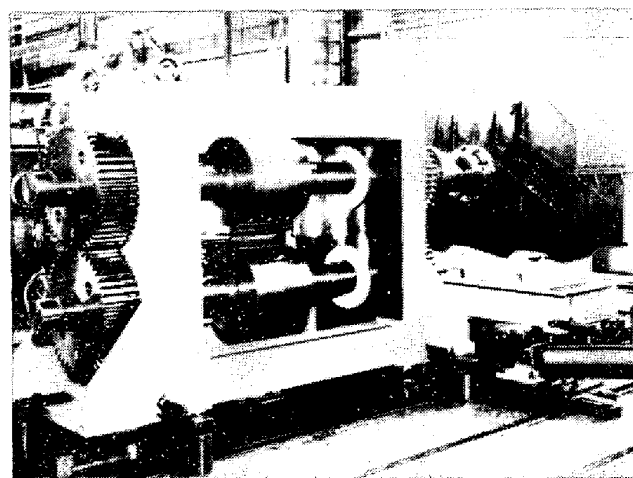


Photo. 1. Test machine.

Table 1. Main specification.

Shear force	20 t
Shear torque	2 t - m
Distance between both drum	500 mm
Edge speed	47.6m / min (95.2m / min)
Drive motor	V.S 30kW, 1 500 rpm

隙、せん断抵抗力、側圧力を Fig. 3 に示す諸量をもとに計測した。

刃先間隙はドラム e_1, e_2 点の水平変位およびドラム軸 c_1, c_2 点の伝達トルクより算出した。せん断抵抗力、側圧力は上述ドラム軸の伝達トルクより算出する方法と、ドラム軸 d_1, d_2 点の曲げモーメントより算出する方法を採用した。

なお e_1, e_2 点の変位は、ハウジングに取り付けた渦電流式変位計をもちい、 C_1, C_2, d_1, d_2 のトルクおよび曲げモーメントは、歪みゲージ法にて検出し、電磁オシログラフに記録した。

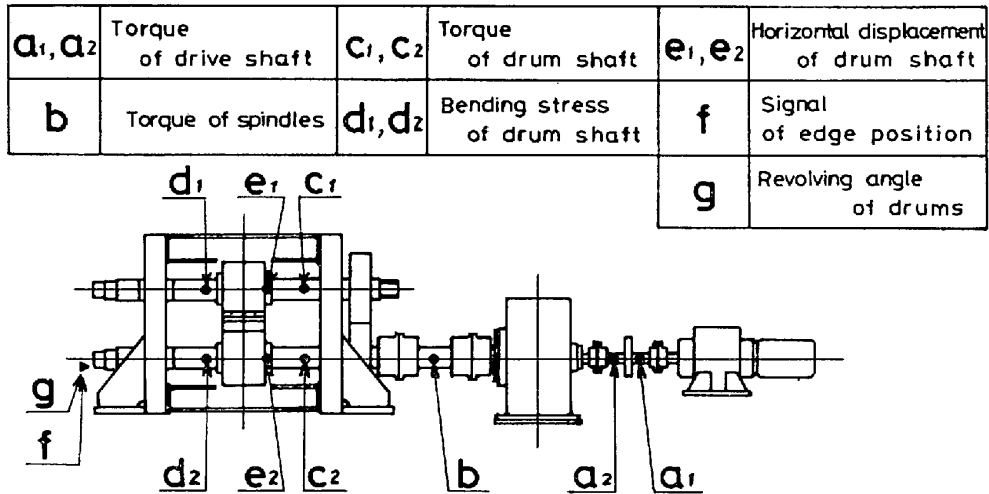


Fig. 3. Measurement position.

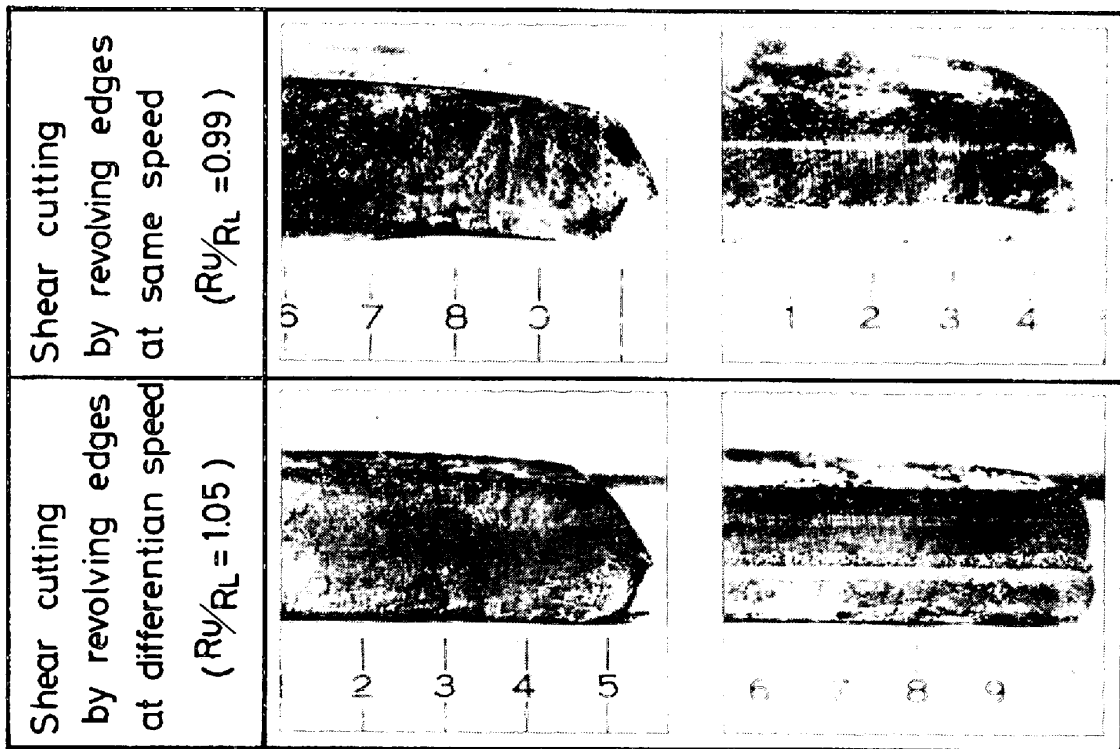


Photo. 2. Profiles of sheared ends.

4. 実験結果および検討

4.1 切断面の形状

Photo. 2 に同周速および異周速で切断した切断面の形状を示す。側面形状において同周速の場合“かえり”を生じると共に板材が曲がつて“下反り”している。これに対して異周速切断では“かえり”および“下反り”共に軽減されている。また先端部の形状は、くさび状となっており、圧延機へのかみ込みに対して好ましい形状となっている。切断面の正面写真から同周速の場合、せ

ん断破断面（せん断破壊面）が見られず、引きちぎられているのに対し、異周速切断の場合には、せん断破断面が認められ、確実に分断されていることがわかる。

Fig. 4 は切断面の形状を“かえり”量(a)で評価したもので、異周速比 (R_U/R_L) をパラメータにして間隙比 (g'_m/t_0) との関係として表した。なお、(g'_m) は切断過程における最大側圧力を(1)式に入れて求めた値である。切断面の“かえり”は刃先間隙の拡大と共に増加するが異周速比を大きくすることにより減少しており、良好な切断面を得るうえにおいても異周速切断が非常に有

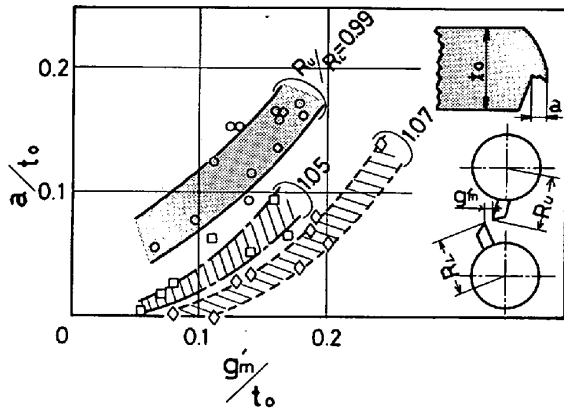


Fig. 4. Relation between gap ratio ($=g'_m/t_0$) and burr height ratio ($=a/t_0$)

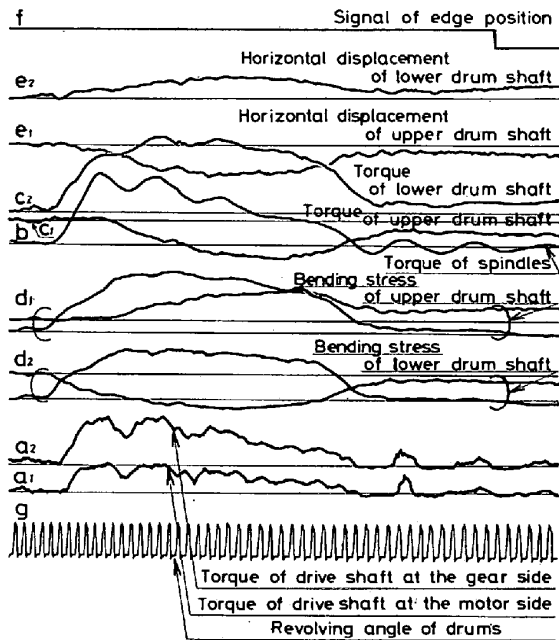


Fig. 5. An example of oscillograph on shear cutting.

効であることが認められる。

4.2 切断負荷特性

Fig. 5 に、切断過程における諸計測値のオシログラフの一例を示す。3章で述べたようにドラム軸の曲げ応力をもとに単位断面積当たりのせん断抵抗力および側圧力を逆算し、Fig. 6 の \times で示した。また、ドラムの軸トルクから逆算した値を同図の \circ で示した。両者はほぼ一致しており計測値が信頼できることを示している。

Fig. 7 は、同周速切断と異周速切断の負荷特性を比較したものである。刃先のくい込み率が大きくなるにつれてせん断抵抗力、側圧力共に増加する。せん断抵抗力については同周速の場合も異周速の場合もあまり差がないのに対し、側圧力については異周速切断すると半減して

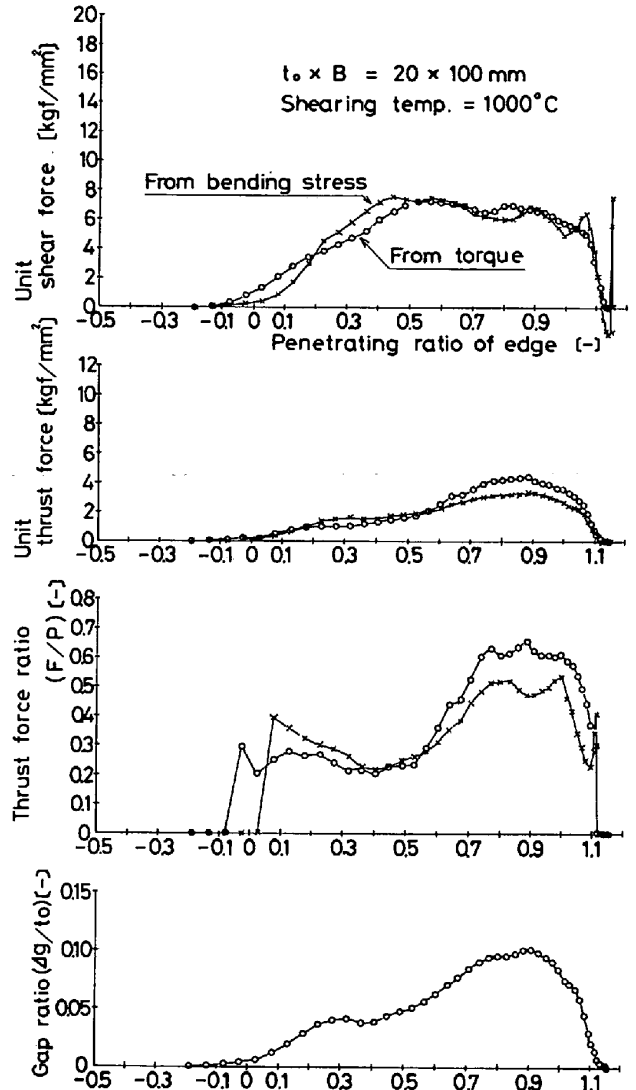


Fig. 6. An example of data analyses.

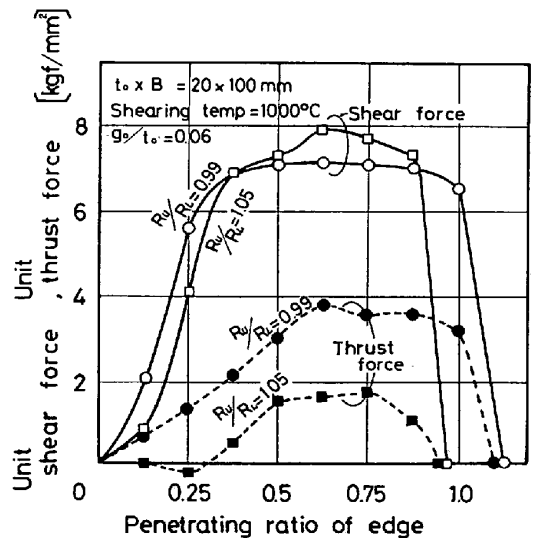


Fig. 7. Variation of unit shear force and thrust force in the process of shear cutting.

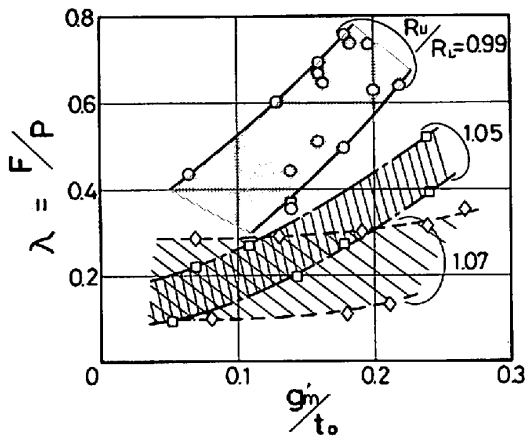


Fig. 8. Relation between gap ratio ($=g'_m/t_0$) and thrust force ratio ($=F/P$)

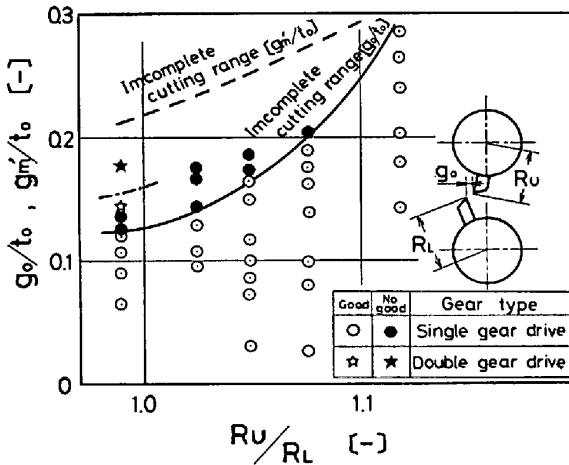


Fig. 9. Relation between edge ratio ($=R_u/R_L$) and cutting limit gap ratio ($=g_0/t_0, g'_m/t_0$)

いる。またせん断の完了するくい込み率も小さくなつており、分断機能の向上していることがわかる。

Fig. 8 は、異周速比をパラメータとして側圧力とせん断抵抗力の比率（以下側圧力比）と間隙比 (g'_m/t_0) の関係を示したものである。間隙比が大きくなると共に側圧力比も増加している。しかしその傾向は同周速の場合が著しいのに対し、異周速比 1.07 ではほとんど増加しておらず、異周速切断による側圧力低減効果は期待どおり大きいことが確認された。

4.3 分断限界

Fig. 9 は、各異周速比のもとで刃先間隙の初期設定値 g_0 を順次増して行き、分断不良を生じる限界を求めたものである。同図より明らかなように異周速比が大きくなると限界間隙は大幅に大きくなり、分断機能の点からも異周速切断が有効であることがわかる。比較のため同周速の場合について行つた両側歯車方式（上軸駆動）の限界間隙を図中★印で示している。片側歯車方式の同周速比の場合に比べると大幅に改善されるが、異周速比を大

きくした場合にはおよばない。

上述の論議は初期設定値 g_0 を基にしており、側圧力剛性の影響を包含したものととなっている。形式による本質的差を見きわめるためには切断時における真の間隙で整理する必要がある。しかし真の間隙を求めることは困難であるので、 g'_m をもつて近似することとした。なお剛性 K は Appendix (1) で詳述するような別の方法で計測し、約 $4t/mm$ であることを確認している。

以上の方法で g'_m を算出し分断限界を求めた限界間隙率 (g'_m/t_0) を Fig. 9 の破線で示す。実線 (g_0/t_0) に比べると異周速の効果は小さくはなつてはいるが依然としてその効果は認められる。間隙 g'_m の妥当性については検討の要があるとはいえ、本質的に限界値が向上するようである。

5. 結 言

軸間距離 500 mm のドラム形クロープシャ試験機をもちい、下刃回転半径に対し上刃回転半径を若干大きくした異周速切断法の性能確認実験を行つた。その結果本切断方式は、下記特長をもち従来のドラム形クロープシャに対し分断機能が大幅に改善されることが確認された。

- (1) 切断面形状は“反り変形”，“かえり”が少なくなり良好である。
- (2) 分断不良の原因となる側圧力が $1/2 \sim 1/4$ と非常に小さくなり、限界設定間隙が約 2 倍大きく取れる。（異周速比 1.07 の場合）

Appendix (1) 刃先間隙方向剛性の計測

剛性 K は上、下刃先間に与えた力とその時の間隙変化量の比として求めた。

実験方法としては、刃先間に冷鋼板をかませ固定した状態で、駆動軸端に取り付けた回転レバーを油圧ジャッキで駆動して回転力を与えると同時に下記諸量を計測した。

P_S : 油圧ジャッキの供給油圧

(圧力ピックアップにより計測)

dg_N : 刃物の変形による間隙変化量 (ダイヤルゲージにてドラムと刃物間の変形量を計測)

dg_T : ドラム軸のねじり変形による間隙変化量 (Fig. 3 の C_1, C_2 点において歪みゲージによりねじり変形量を計測)

dg_B : ドラム軸のたわみ変形による間隙変化量 (Fig. 3 の e_1, e_2 において変位計により水平方向たわみ変形量を計測)

上記 P_S より刃先間に与えた力を逆算した。また刃先

の間隙変化量は、上記 $4g_N$, $4g_T$, $4g_B$ の和として求めた。

文 献

- 1) 柳 謙一, 中村晴重, 高崎勝明, 吉谷弘毅, 橋本正一: 三菱重工技報, 15 (1978) 5, p. 86
- 2) 福井嘉吉, 中西恒夫, 大竹幸雄, 中島正明: 日立評論, 61 (1979) 9, p. 619
- 3) 松岡京一郎: 塑性と加工, 20 (1979) 219, p.246
- 4) 中川威雄: 塑性と加工, 20 (1979) 219, p. 283
- 5) 大久保博之, 原 勉, 樽井正明, 増田曼平: 石川島播磨技報, 18 (1978) 1, p. 67