

高精度段ボールシート打抜き機の開発

Development of Precision Rotary Die Cutter

三原製作所 馬場 康之*¹ 仁内 邦男*²
 技術本部 河野 和清*³
 菱明技研株式会社 河野 和徳*⁴

従来の回転式段ボールシート打抜き機は、ウレタン巻ロールに刃物を食込ませて切断するソフトカット方式と、鋼製ロールに刃物をキスタッチさせて切断するハードカット方式に大別される。前者はウレタンの摩耗等により打抜き長さ、罫（けい）線強さが変化するという問題があり、後者は微妙な刃物の高さ調整が必要で、刃物寿命も短いという問題があった。本研究では、これらの問題を解決するため切断現象の究明と切断方式の適正化を行い、鋼製ロールに薄鋼板を巻付け、刃物をわずかに食込ませて切断するセミハードカット方式を実用化した。この結果、刃物高さの調整が容易で刃物寿命が長く、高い打抜き精度と罫線強さ精度を有する打抜き機が完成した。

There have been two conventional types of rotary die cutters. One is a "soft cut type" using a urethane-covered anvil cylinder, and the other is a "hard cut type" using a steel anvil. The soft cut type cannot cut and score accurately because of abrasiveness of urethane, while the hard cut type needs difficult knife-height adjustments and the knife life-span is short. In order to solve these problems, investigation of cutting mechanism and rationalization of cutting method have been conducted. A new "semi-hard cut type" rotary die cutter has been developed as a result. It combines easy knife-height adjustment, long knife life-span, accurate cutting length and accurate scoring strength.

1. ま え が き

段ボールシート打抜き機とは、図1に示すように段ボールシートに印刷、打抜き、罫（けい）入れを行い、箱に加工する機械である。これには、回転するナイフシリンダと受けシリンダ（アンビルシリンダ）の間にシートを通して打抜く回転式打抜き機（ロータリダイカッタ）と、往復動する刃物台と受台の間でシートを打抜く平板式打抜き機とがある。同図は当社製のロータリダイカッタの構成図である。

当社では、1980年以来、国内外の顧客に約150台のロータリダイカッタを納入してきている。

近年、包装工程の自動化のための自動箱詰め機（オートケーサ）の普及に伴って、打抜き箱には高い箱精度が求められるようになってきた。しかし、現在の機械では、箱精度、生産性、刃物の調整、刃物寿命等改良すべき課題が多い。当社ではこれらの課題を解決するため、新しい打抜き方式を採用した新型ロータリダイカ

ッタを開発した⁽¹⁾⁽²⁾。

本報では、新型機開発のねらいと特徴、切断メカニズム及び実機検証結果について述べる。

2. 開発のねらい

表1に従来型切断方式である、ソフトカット方式、ハードカット方式及び開発したセミハードカット方式の特徴をまとめて示す。

2.1 従来型切断方式

(1) ソフトカット方式

ソフトカット方式とは、刃物の切断圧を受ける面がウレタンであり、これに刃物を1～2mm食込ませて段ボールシートを打抜く方式である。本方式では刃物を軟らかいウレタンに食込ませるため、刃物の寿命は長く、また刃物の微妙な高さ調整は不要である。しかし、打抜きごとに刃物の食込み跡が発生し、ウレタンアンビルが偏摩耗するため、打抜き長さ及び罫線強さにばらつきが生じやすい。

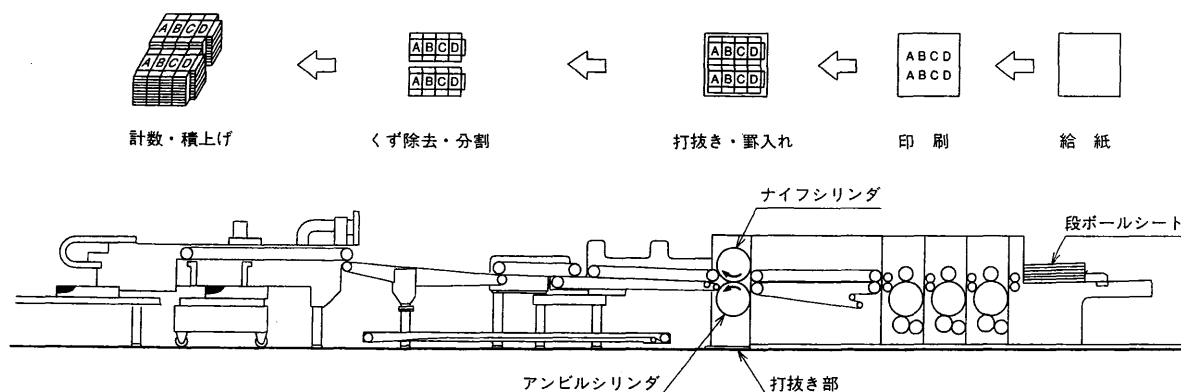


図1 回転式段ボールシート打抜き機構成図 段ボールシートを打抜き部の回転するナイフシリンダ、アンビルシリンダ間を通し、打抜き、罫入れを施し、箱に加工する。

Schematic view of rotary die cutter for corrugated board

*1 製紙・紙工機械技術部紙工機械設計課主務

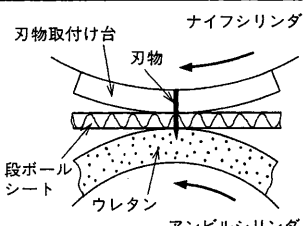
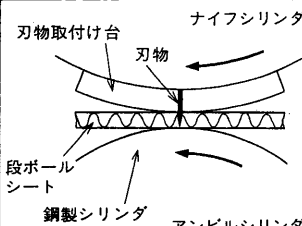
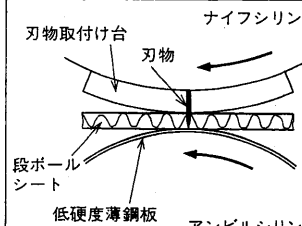
*3 広島研究所紙・印刷機械研究推進室主務 工博

三菱重工技報 Vol. 34 No. 2 (1997-3)

*2 製紙・紙工機械技術部紙工機械設計課

*4 三原技術部

表1 各切断方式の特徴
Characteristics of cutting methods

切断方式		ソフトカット	ハードカット	セミハードカット
打抜き形態	アンビル材料	ウレタン	鋼製シリンダ	低硬度薄鋼板
特 徴	概 念 図			
	刃 物 寿 命	150万枚打抜き	30~40万枚打抜き	150万枚打抜き
	打抜き長さ精度	±1.5 mm	±0.3 mm	±0.3 mm
	罫線強さ精度	悪	良	良
	刃物高さ調整	不 要	困 難	容 易

(2) ハードカット方式

ハードカット方式とは、刃物の切断圧を受ける面が鋼製のアンビルであり、これに刃物をキスタッチさせて打抜き方式である。このため、本方式では高い打抜き精度と罫線強さ精度が得られるが、鋼製アンビルへ刃物をキスタッチで設定することが困難であり、刃物高さの凹凸を均一にする作業（むら取り）が必要となる。また、この調整作業が不十分な場合、刃物が硬度の高い鋼製アンビルによってたたかれるため、早期に刃先がへたり、切断不良を生じやすい。

2.2 セミハードカット方式開発のねらい

開発したセミハードカット方式では、鋼製アンビルシリンダ表面に低硬度の薄鋼板を巻付け、これにわずかな食込み量を与えて段ボールシートを切断する。これによりハードカット方式の利点である高い精度と、ソフトカット方式の利点である刃物の長寿命を両立させることが開発のねらいである。

また、本方式では、刃物の切断圧は低硬度の薄鋼板で受けるため、ハードカット方式のような微妙な刃物高さ調整作業を大きく軽減できるという特長がある。

3. 切 断 機 構

3.1 切 断 現 象

段ボールシートの切断現象を明らかにするため、段ボールシート用の厚さ0.5mmの原紙を用いて切断試験を行った。

図2に刃物押込み量と切断荷重の関係及びシートの切断形態の

一例を示す。シートは刃物の押込みにより、刃先位置で圧縮変形が始まり、押込みが進むにつれて荷重が増加していき(①→②)、最初のピーク②に達すると切断が開始される。以後、刃先角によるくさび効果で引裂きによる切断が進行し(②→③)、最終的に④で切断が完了する。

これから、切断完了時における刃先先端はアンビル表面と0.05mm程度の間隔 L_s があることが分かる。

3.2 シリンダ剛性

段ボールシートを機械の幅方向でむらなく切断するためには、切断荷重作用時のナイフシリンダとアンビルシリンダのたわみ変形を考慮して、両シリンダの曲げ剛性を適正化することが必要となる。

まず、必要切断荷重を求めるためシートの切断試験を実施した。図3に刃先が摩耗した摩耗刃と新刃についての切断荷重の実測値を示す。図中の許容範囲とは、刃先摩耗時の刃先平坦部により発生する切りくずが、実機において支障とならない範囲を示す。この結果から、刃先の許容摩耗量と必要切断荷重との関係が分かる。次に、この必要切断荷重と、前節で求められた切断完了時の刃先とアンビルの間げき L_s の値を用いて、ナイフシリンダとアンビルシリンダの相対たわみが L_s 以下になるように両シリンダの剛性を決定することができる。

3.3 初期刃物追込み量

シート切断時には、両シリンダの振動により刃先とアンビルの接触部にすきまを生じる。これを防ぐためにはあらかじめ両シリ

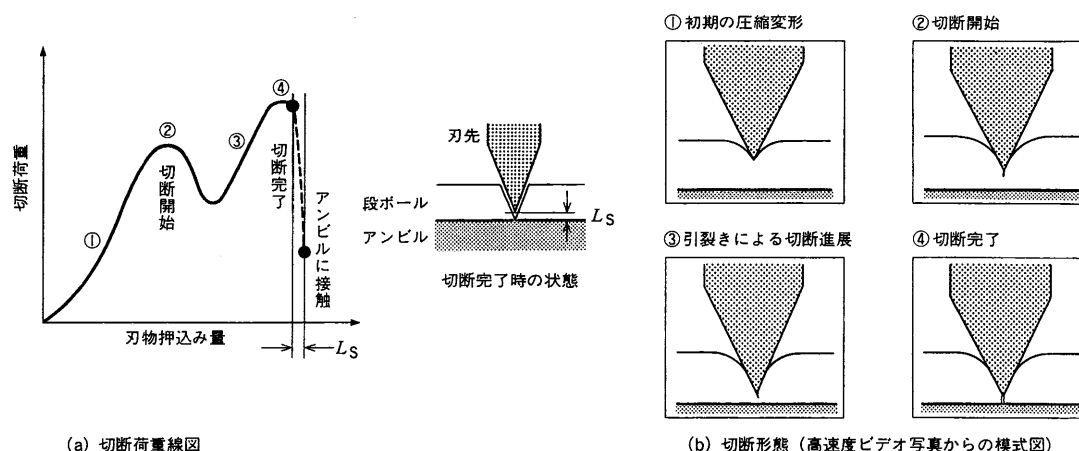


図2 段ボールシート用原紙の切断特性 段ボールシート用原紙の切断試験により得られた切断特性と切断形態を示す。
Cutting force and cutting mechanism of corrugated board

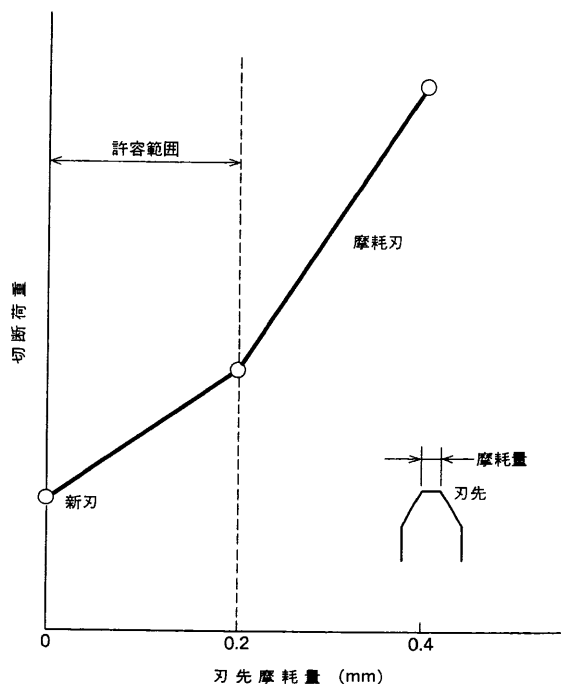


図3 刃先摩耗量と切断荷重の関係 刃物先端の摩耗による形状変化と必要切断荷重の関係を示す。
Relationship between knife-edge shape and cutting force

シリンダ間の距離を接近させる（この量を初期刃物追込み量と呼ぶ）ことが必要となる。ここでは、切断時の両シリンダの振動特性を振動計算により予測し、この結果を用いて必要な初期刃物追込み量を決定する。

図4にこの検討結果を示す。同図(a)は両シリンダの振動計算の一例である。この例では、シリンダ単体で振動する場合の最大振幅は0.05 mmであり、逆位相で振動する場合の刃物とアンビルのすきまは0.1 mmになる。同図(b)は、これらの計算結果を用いて機械速度と両シリンダの相対変位の関係を求めたものである。これから、摩耗刃を用いた場合の最大機械速度200枚/min時における両シリンダ間の最大開き量は0.12 mmであることが分かる。

以上のことから、切断時に刃物とアンビル間にすきまを発生せ

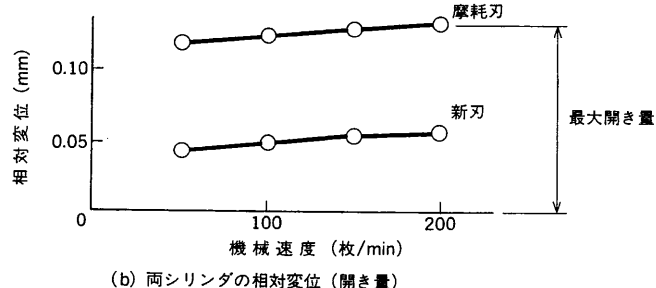
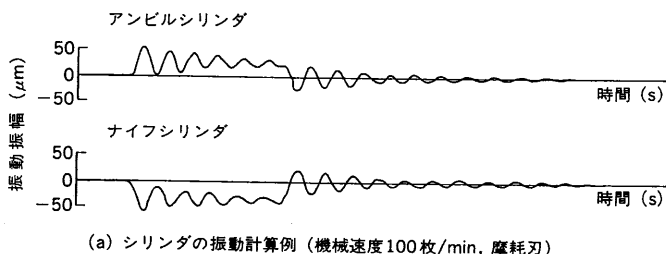


図4 動的切断時のシリンダの相対変位 動的切断時のナイフシリンダとアンビルシリンダの相対変位を示す。
Relative displacement of cylinders in dynamic cutting

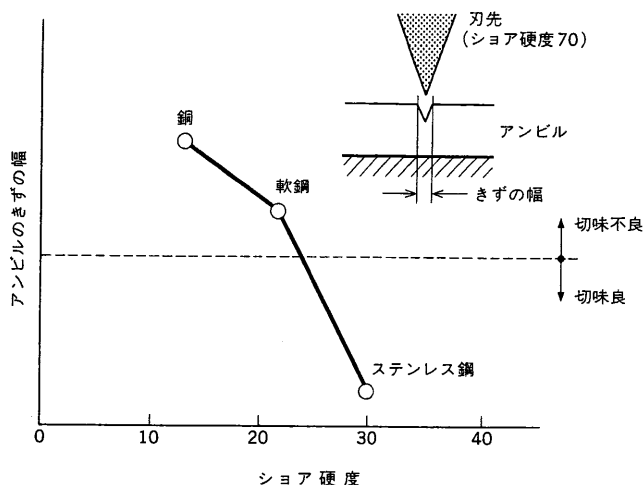


図5 アンビル材料 切断時のアンビル表面の刃物によるすきみの幅とショア硬度との関係を示す。
Proper material for anvil

ず、切味の良好な切断を行うために必要な初期刃物追込み量は、振動による両シリンダの開き量と、切断完了時の刃物とアンビルのすきま量との差として求めることができる。

3.4 アンビル材料

切断時の刃物によるアンビルの損傷を極力抑える必要がある。そこで、適正なアンビル材料を選定するため、各種アンビル材料を用いて切断試験を行った。

図5にアンビル材料の硬度と切断時の刃物によるすきみの幅及び切味との関係を示す。

この結果から、切断荷重作用下でアンビルの損傷が小さくて、切味不良発生限界まで余裕のあるステンレス鋼が最適と考えられる。

これから、セミハードカット方式におけるセミハードアンビル材料はSUS304（ショア硬度30、板厚0.5 mm）に決定した。

4. 実機検証

4.1 刃物寿命

図6(a)に従来型ハードカット方式での、約30万枚打抜き後の刃物の先端形状と打抜かれたシートの状態を示す。これから、刃先はたたかれて大きくへたり変形していること、シート切断部分ではソーメン状の切りくずが発生していることが分かる。一方、セミハードカット方式では同図(b)に示すように約42万枚打抜き後も、刃先は鋭利な先端形状を維持し切断状態も良好である。

本方式での刃物の寿命を検証した結果、ハードカット方式の約5倍に相当する150万枚打抜きが達成できた。また、セミハードアンビルの寿命も、100万枚打抜きは可能であることが確認できた。

4.2 打抜き長さ精度

図7(a)にビール用打抜き箱での打抜き長さ精度の一例を示す。ソフトカット方式での打抜き長さ精度 ± 1.5 mmに対し、本方式では最高速200枚/minで、全データの98%が打抜き長さ精度 ± 0.3 mm以内となった。

4.3 罫線強さ精度

図7(b)に本方式で打抜いたビール用打抜き箱での罫線強さ精度の一例を示す。これから、本方式での罫線強さのばらつきは ± 8 g程度であり、製品許容値 ± 20 gに比べて十分に小さいことが分かる。

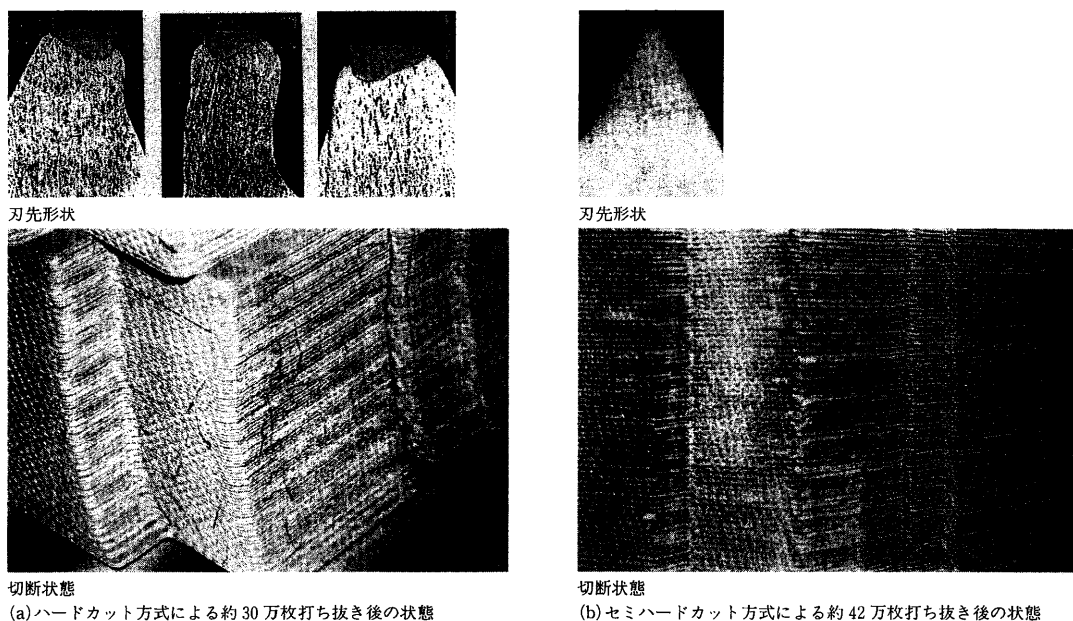


図6 刃先形状と切断状態 両カット方式での刃物先端形状と切断状態の一例を示す。左上図の刃物先端は、焼入れ部がへたり変形している。

Knife-edge shape and cutting board condition by hard cut and semi-hard cut

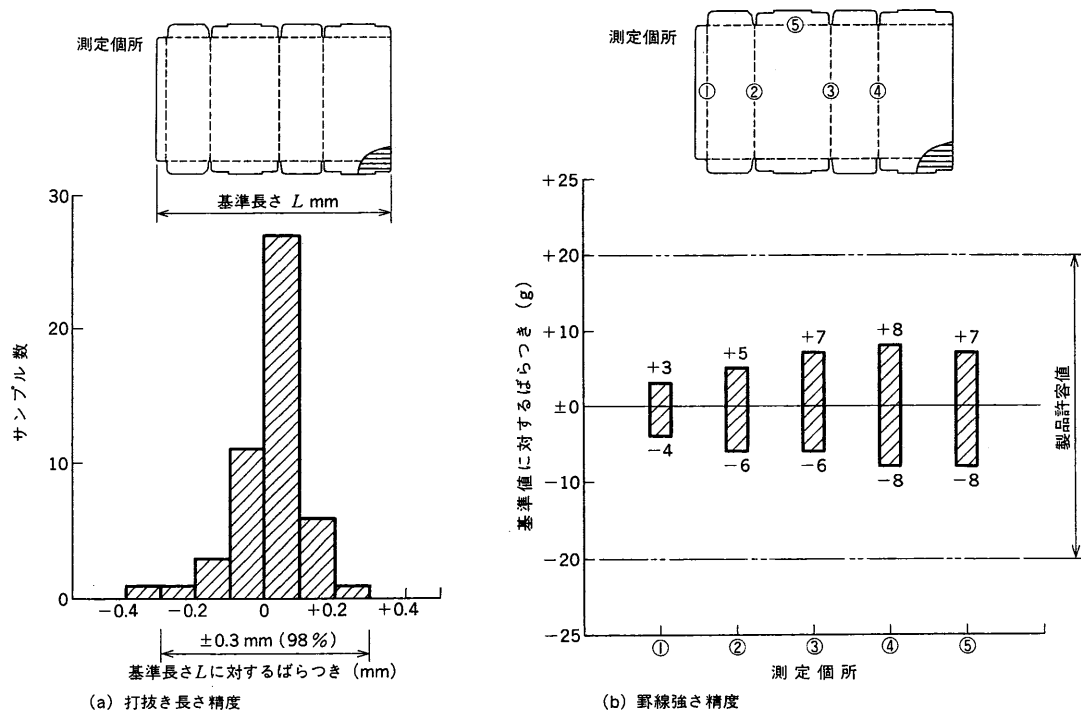


図7 打抜き長さ、罫線強さ精度データ セミハードカット方式によるBフルートラップラウンドケースでの打抜き長さ精度、罫線強さ精度の一例を示す。

Accuracy of cutting length and scoring line strength

5. あとがき

本研究では、段ボールシートの切断現象の解明と切断方式の適正化検討を行い、セミハードカット方式による高精度段ボールシート打抜き機を開発した。

新型機は、1995年3月に初号機を納入以来、1997年1月現在計11台（国内10台、海外1台）が順調に稼働中である。本機は打抜き箱市場において、高生産性、高精度、さらに刃物長寿命化、操作性向上などにより顧客の生産活動に十分貢献しているものと考えている。今後とも、ますます多様化する顧客ニーズ、包装形

態の変化などに対応し、更なる性能・品質向上に努めていく所存である。

参考文献

- (1) 馬場康之、段ボール用ロータリ打抜きの基礎と生産性・品質向上のポイント、月刊CARTON・BOX Vol.14 No.155 (1995) p.88
- (2) 馬場康之、新型ロータリダイカッタ「ELAN-84」の開発とその特性、月刊CARTON・BOX Vol.15 No.176 (1996) p.51