

え方です。

3.2 ダブルコニファイナー

ダブルコニカルタイプは、ダブルディスクタイプのディスクをコニカル形状に変更して両方の利点を兼ね備えています。ダブルにするのはアキシアル方向の力を相殺できることで意味があります。コニカルにすることは、遠心力が原料の流れ方向と必ずしも一致していないので、その分だけ出口に至るまでの時間を稼ぐことができ、外径側に原料のマットが厚くできますので、その厚いマットをたたくことによって、1本当たりの叩解動力を下げるすることができます。

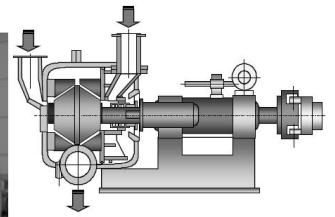
ダブルコニファイナー

特徴

- ・コニカル形状である為、ディスクタイプより小さい外径で同等の叩解面積を得ることが可能である
- ・コニカル形状である為、原料は十分に叩解を受けるので高効率である
- ・遠心力によって溝内の原料が刃物に接触する為、叩解を受けずに排出されることが少ない
- ・均一に叩解を受けるため、低インテンシティー叩解となりフィブリル化が促進される
- ・現在最も新しいタイプの叩解機である

ダブルコニファイナー

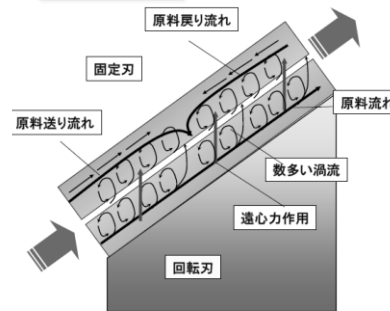
Double Conical Type



リファイナータイプ	ダブルディスクタイプ
負荷調整機構	電気式ギャップ調整機構 または油圧式ギャップ調整機構
運転方式	連続運転

ダブルコニファイナー

Double Conical Type



玄武岩刃物を搭載したデラックスファイナーと同等の紙力品質を実現する為、開発された。また、原料流れ方向と遠心力が同一方向でない為、効率的に叩解を行うことができる。

遠心力と原料流れ方向が一致しない為、原料は効率的に叩解される。

遠心力と原料流れ方向が一致しない為、原料は効率的に叩解される。

ダブルディスクタイプと比較すると外径は約90%で同等の叩解面積となる為、無負荷動力削減による省エネが実現可能

4. 刃物の変遷

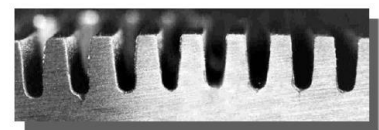
もう一つ最近の流れとして、繊維の短いものを有効に使うための刃物自体を工夫しようとする考え方です。右図は、従来の鋳物製の刃物を外側から見た図です。

鋳物製の刃物は安価に供給ができます。それから、一度木型を造ってしまえば、いろいろなパターンが比較的簡単にできます。

ただし、問題点は、この刃の幅が鋳物の技術によって制限を受けます。砂型を使った鋳込みの場合には、しっかりとしたい形を造るには、刃幅は大体 1.8mm ぐらいが限界です。砂の間に溶けた鉄が流れ込んで初めて形ができるものですから、それ以上細いものと狭いとこには流れ込みにくく、いい形ができないという問題が出てきます。

もう一つは、必ずテーパーがつきます。これは木型を砂型から分離する際に、砂の山を崩さないように、必ず抜け勾配というテーパーをつけます。そのテーパーが刃の形にそのまま反映されてしまいます。そうし

叩解機用刃物の変遷 従来の鋳鋼製刃物



長所

- ・鋳鋼製の為、安価である
- ・刃物パターンが豊富である

短所

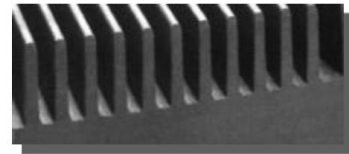
- ・鋳抜きの為、溝形状はテーパーとなる
- ・細い刃幅は製作不可である
- ・歯数が少なくエッジ長さが短いのでインテンシティーは高い
- ・溝部の表面は鋳肌である為、原料の通りが悪い

ますと、最初に使っていた表面と、だんだん減ってきてからの表面とでは刃の幅が変わってきます。従って、使っているうちに叩解の特性が変わってくるわけです。さらに、底の部分が丸くなっている。これは、砂を除くときに角がなかなかできにくいからです。従って、この最後の部分にきますと、流れる面積が小さくなってしまいます。もう一つは、原料が流れる溝の部分の内側の表面は、実は砂の肌と同じ肌になり、少しでこぼこしています。これが、通過する原料の流れの抵抗になります。「じゃ、磨けばいいじゃない」と言われるかもしれませんが、この狭いところは磨けません。

これを、最新の鑄物の技術（いわゆるロウ型など）を使い、細かな刃物を作ろうという努力がなされている。これはひとえに、細い刃を作って、たくさん刃を並べれば、刃の1回当たりのインパクトが小さくなり、温和な叩解になる。いわゆるロウ・インテンシティ叩解目指しているわけです。

その決定打として一つ考えられているのが、弊社のグループの FINEBAR という会社で作っている刃物で、いわゆる組立溶接式の刃物です。これは鑄鋼ではなくて、薄い板を溝の幅の板に重ねて、積み上げていき、特殊な方法で一体化させる。そうすることにより、鑄物ではないので非常に薄い刃物ができ、しかも、溝の内側は板の表面ですので、非常にスムーズですし、最後まで溝の形が変わらず、しっかりとしたエッジができます。最後まで長い時間使用しても、叩解特性が変わりません。

叩解機用刃物の変遷 最近の鑄鋼製刃物



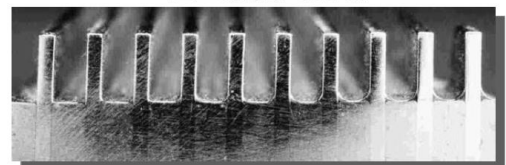
長所

刃幅が狭いタイプの刃物が製作可能である
鑄拔きの為の角度は非常に小さい
特殊硬化処理の為、刃高さが高いタイプの刃物が製作可能である
低インテンシティ叩解が可能である

短所

従来の鑄鋼製刃物と比較し金額が高い
溝部の表面は鑄肌である為、原料の通りが悪い

叩解機用刃物の変遷 組立溶接式刃物



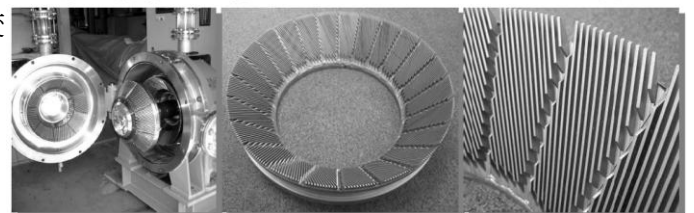
長所

非常に刃幅が狭い刃物を製作可能
低インテンシティ叩解が可能となり省エネ、紙質UPにつながる
溝形状はストレートである
溝部の表面は滑らかである為、狭い溝幅でも原料が通る

短所

鑄鋼製刃物と比較し金額が高い

叩解機用刃物の変遷 組立溶接式刃物のダブルコニファイナーへの応用



低インテンシティ、省エネルギー叩解機と低インテンシティ、省エネ刃物の組み合わせにより最高の紙質、省エネルギー効果を求める工場が増加している。

OCC叩解における課題

5. 原料の変遷と叩解

5.1 原料の現状と問題点

次に、原料の視点で叩解の問題点を整理してみます。まず、OCC、いわゆるダンボール古紙があります。日本の国内ではほぼ 100%の回収率で使われており、したがって、非常にリサイクル率が高くて、もうすでに弱ってしまっている繊維です。さらに弱めることなく、フリーネスを下げることなく何とか紙力を引き出したいというのが、一番大きな要望になると思います。

それから白ボツ、色ボツの問題です。最近の段ボールは、表面に塗工がされていたり、あるいは BKP が流

- 1) リサイクルに伴うOCCの繊維長、及びフリーネスの低下対応
不要なカッピングを避け、少ないフリーネスダウンで紙力強度を引き出す叩解が望まれる
- 2) 省エネルギー
大量に使用される原料ゆえ、叩解動力の省エネルギーが望まれる
- 3) 白ボツ、色ボツ欠陥の減少
OCC表層原料の細かな未離解片である白ボツ、色ボツを離解、分散する叩解方法が望まれる
- 4) 高濃度叩解後のクセ直し
紙力改善に有効な高濃度叩解に伴う紙クセ防止のために消費電力が小さな叩解工程設置が望まれる

されており、白い表面を持っているものです。これは、その白い表面に印刷をしたいという要望があるからです。それを再利用しようとする、その表層が溶け残って斑点になってしまう。これを何とか消していききたいという問題です。

それから、一部高濃度叩解により省エネを図っている場合がありますが、高濃度叩解をされた場合に繊維がカーリングを起し、できた紙に癖がつくという問題があります。これを直す方法は、もう一度低濃度叩解をするのが一番いいのですが、なるべくそれもエネルギーをかけないでやりたいとする問題です。

それから大量に使用される原料としては DIP があります。DIP も何回も使われています。新聞古紙でいえば、100%近いリサイクル率です。それで、何とか弱った繊維を使って強い紙を造るということになります。大量生産されますので、省エネもちろん必要です。また、メカニカルパルプが新聞紙には含まれておりますので、そのシャイブの分散も必要です。さらに、最近の DIP には、新聞だけではなくて雑多な雑誌も使われています。雑誌の場合にはいろいろな繊維が使われ、それからいろいろな印刷がなされる。このようなものをホモジナイジング、均一化していくことが望まれています。

もう一つの大量に使用されている原料として LBKP があります。LBKP は、先ほど話しましたように、植林化が進み、フリーネス自体が下がってきている。この弱った原料を何とかうまく使いたい。

それから、ベッセルピッキングのトラブルです。ベッセルは広葉樹に特徴的な繊維細胞ですが、これが紙の表面に出てきたときに、そこだけ印刷がはがれてしまうというトラブルです。これを何とか軽減させたい。それから、嵩高の叩解です。短い繊維を使い、弱った繊維を使いますと、どうしても紙の厚さが出ない。これは皆さんが非常にお困りになっていると思うのですが、それを、何とか少ない繊維で厚さを出していこうというのが嵩高叩解です。

右図は LBKP の繊維長の低下を示しています。以前は、繊維長としては平均 0.9 ミリ程度で、650CC 程度のフリーネスでした。最近では、叩解前で、繊維長としては 0.5 ミリで、500CC フリーネスしかないものも出てきていると聞いています。

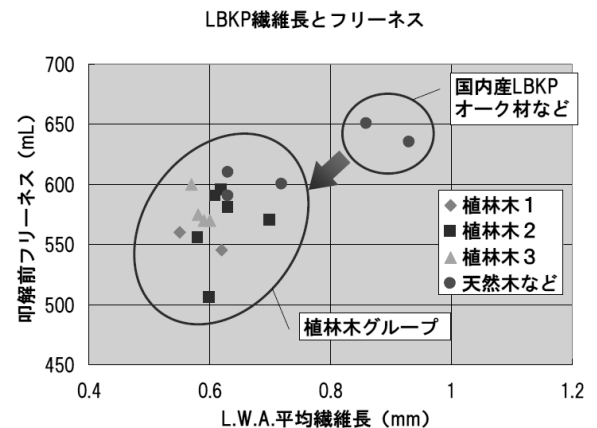
DIP叩解における課題

- 1) リサイクルに伴う ONP の繊維長、及びフリーネスの低下対応
不要なカッティングを避け、少ないフリーネスダウンで紙力強度を引き出す叩解が望まれる
- 2) 省エネルギー
大量に使用される原料ゆえ、叩解動力の省エネルギーが望まれる
- 3) デシャイブ
メカニカルパルプに由来するシャイブの分散
- 4) 雑誌古紙配合率上昇対応
雑誌古紙由来の雑多な繊維のホモジナイジング

LBKP叩解における課題

- 1) 植林木増加に伴う LBKP の繊維長、及びフリーネスの低下対応
不要なカッティングを避け、少ないフリーネスダウンで紙力強度を引き出す叩解が望まれる
- 2) 省エネルギー
大量に使用される原料ゆえ、叩解動力の省エネルギーが望まれる
- 3) ベッセルピッキングトラブルの防止
LBKP原料特有のベッセルによるピッキングトラブルを軽減させる叩解方法が望まれる
- 4) 嵩高叩解の実現
繊維の形状を変化させ、嵩高の紙を実現し、加斤量を減少させる叩解方法が望まれる

最近のLBKP材の繊維長、フリーネスの低下



ベッセルピッキングの話に戻ります。右図は、ベッセルが紙表面に出かかっている状態です。これを、テープで張りつけるようにして外側を囲って、何とか持ち上がるのを防ぐことができないか考えます。これには、長い繊維があったほうがいだろうということで、短くしないで何とか叩解をしていきたいというのが、一つの考え方です。そのためには、切るのではなくて、粘状叩解というメカニズムになります。ローターとステーターの間で繊維が加工されるのですが、このときに、エッジで切るのではなくて、刃の上に乗せて押しつけて、内部フィブリルを促進したり、外部フィブリルを出したり、あるいはカールさせたり、キンクさせるという考え方です。

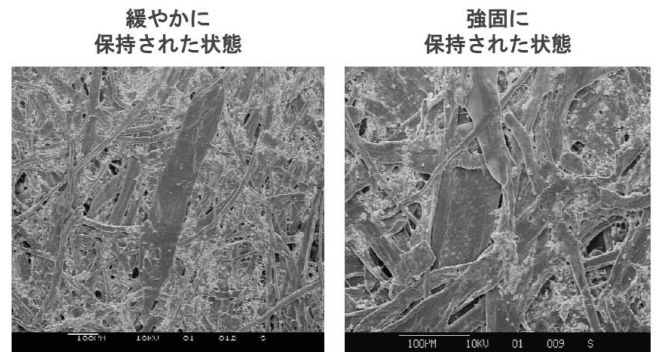
5.2 リファイニングの理論

リファイニング強度の考え方にインチカット理論というものがあります。固定刃、回転刃の数と刃の長さや回転数を掛けると、インチカット数、カットングレングスになります。これで叩解動力を割ったものがインテンシティです。ここで、インチカット数を増やしてやれば、インテンシティは下がっていく。言い換えると、温和な叩解になっていくという考え方です。そのためには刃物の数を増やして交差点を増やすことになります。

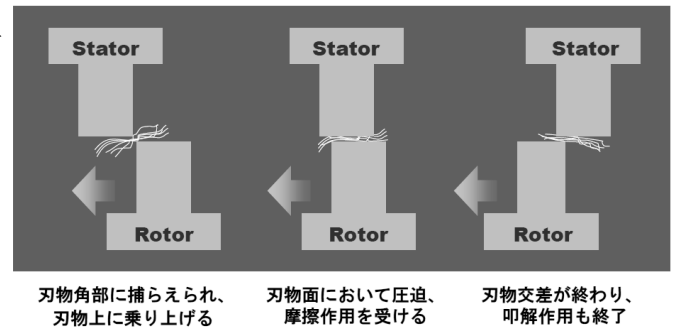
もう一つは、原料の密度を上げることです。濃度を上げることはできるのですが、濃度を上げてしまうと原料が流れにくいという問題も出てきますので、何とか別の方法で原料密度を上げていきたいわけです。それには、原料が刃物の上にたくさん乗るようにする。溝の中を流れてしまいますと、角で仕事をされてしまいます。刃物の角で仕事をすると切る方向にいきますので、刃の上に乗せて圧迫する叩解をしていきたいという考え方です。

機械的な方向から考えると、遠心力で短時間に原料が外へ出てしまうような形態よりは、コニカルにして、あるいは円筒形にして、何とか中にとどまっている時間を長くしようというのが繊維の密度を上げることになります。繊維をステーター側に押しつけて、とどまる時間を長くしてやるという考え方です。

紙表面におけるベッセル片の保持状態



粘状叩解のメカニズム



叩解特性とRefining Intensity

Inch-Cut理論とRefining Intensityの一般論

Inch-Cut = Cutting Length per Second (m / s) :

$$\text{回転刃の数} \times \text{固定刃の数} \times \text{刃長} \times \text{回転数}$$

Refining Intensity = Specific Edge Load (W · s / m) :

$$\frac{\text{叩解動力}}{\text{回転刃の数} \times \text{固定刃の数} \times \text{刃長} \times \text{回転数}}$$

Refining Intensityの考え方

値が高い (High Intensity) → 「カッティング叩解」傾向
 値が低い (Low Intensity) → 「粘状叩解」傾向

Low Intensity Refining実現へのアプローチ

Inch-Cut理論から導かれる方案

1. Inch-Cut を大きくする
 - (1) 刃物の数を増やす
 - (2) 刃物の長さを長くする
 - (3) 回転数を高くする
2. 叩解動力を小さくする!?

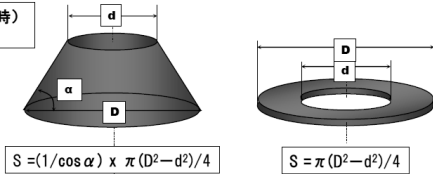
一本の原料繊維が受けるImpactを小さくする方案

1. 刃物作用点 (交差点) を増やし、動力を分散させる
2. 叩解機内の原料濃度 (密度) を上げる
3. 原料が刃物面に多く乗り易くする

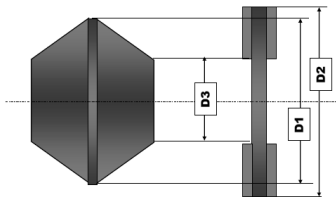
もう一つは、刃物をたくさんつけるという考え方で
す。同じ直径ならば、円盤よりも円錐形のほうが表面
積が大きく、それだけ刃物をたくさんつけられる。先
ほどのインチカット数を増すことになります。

叩解刃物の特長 Conical vs. Disc

叩解作用面積(S)比較(α=50°の時)
Conical (1.3) vs Disc (1.0)



同一刃面積の時の外径寸法の比較
(α=50°, 20吋クラスの時)
Conical (462mm) vs Disc (515mm)



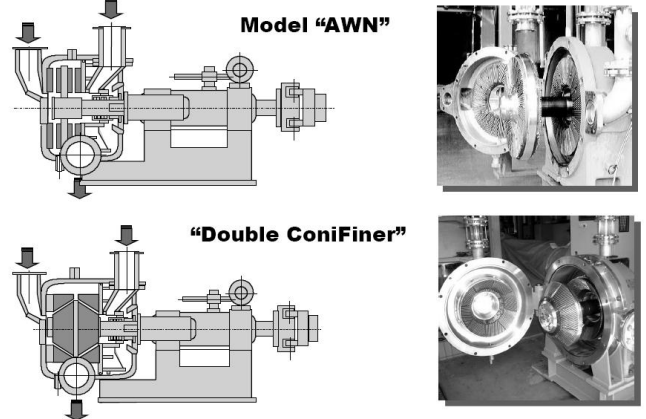
無負荷運転動力の比較
AWN型 : 51KW
ADC型 : 35KW
約30%の無負荷動力の低減

別の考え方をしますと、刃物の数が一緒だったら、
円錐形のほうが外径を減らすことができます。これは
空転動力（アイドルロード）を減らすことになり
ます。空転動力は回っている直径によって支配をされ
ますので、直径を小さくすることによって、刃物を回
すための動力を減らし、全体の動力を減らしていこう
という考え方です。

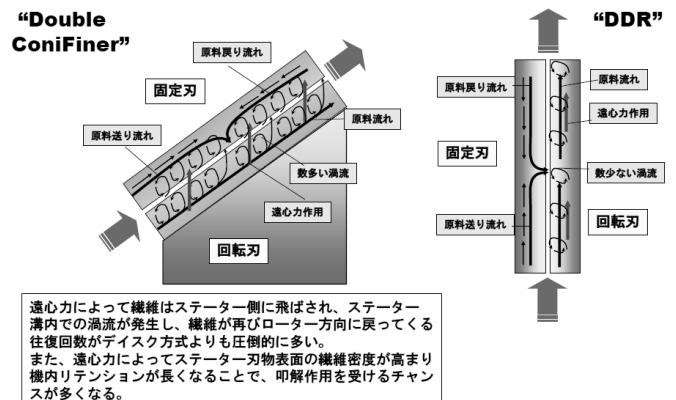
もう一つの観点は、同じ面積の盤面を与えられたの
だったら、そこにつける刃の数を増やしてやりたい。
刃の数があれば交差点が増えるという説明になりま
す。例えば一般的な鋳物でできた 2.4mm 幅の刃物のエ
ッジ長を測定しますと、1回転あたり 70km 程度になり
ます。これに対して、例えば 1.6mm 幅という細い刃物
ができれば、1回転あたり 263km となり、4倍ぐら
いになります。

また、細い刃物であれば、刃が多い分だけ外側がい
りませんという考え方も成立します。外側を削ることは、
アイドルロードを減らすということになり、
刃を十分な分だけ残してあとは削ってしまえという考
え方です。

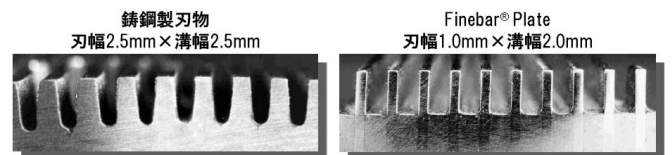
叩解機の構造比較 DDR vs. ADC



刃物内での原料の動き Conical vs. Disc



最新式Low Intensity 叩解刃物



最新の製造工程

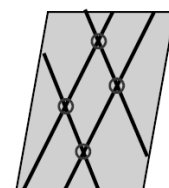
- ・レーザー加工機によるステンレス鋼板切断加工
- ・特殊接着法による組立

ファインバーの利点

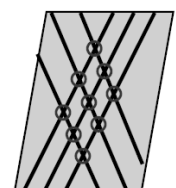
- ・非常に幅が狭く、丈の高い刃物
- ・最適な刃溝形状

Low Intensity Refining実現へのアプローチ

刃物数が多いパターンの利点
Inch Cut数増→Cutting Lengthの増加
交差点数の増加→叩解動力の分散



刃物交差点数の少ないパターン



刃物交差点数の多いパターン