

## 高冷却型機械式微粉碎機グラススを使ったトナー処理

### Treatment of The Toner By Glacis

吉川 雅浩

Masahiro YOSHIKAWA

ホソカワミクロン株式会社 粉体工学研究所

Powder Technology Research Institute, Hosokawa Micron Corporation

#### 1. 概要

従来、トナーの粉碎では粉碎熱が生じないジェットミルが主流でしたが、消費エネルギーの大きさや製品回収率の低さなどから、機械式粉碎機が見直される傾向にあります。このようなニーズに対応すべく、弱熱性原料をジェットミルに迫る粒子径にまで超微粉碎可能で、しかも消費エネルギーを低く抑えた高冷却型機械式微粉碎機 グラシスを開発しました。既に、大型機の納入実績もあり、生産スケールでの高い性能が実証されています。また、本装置の高い冷却効果を併せ持つ特長は、茶葉や樹脂など、トナー以外の弱熱性原料の微粉碎にも適します。ここでは、本装置を用いた一連のトナー処理を紹介します。

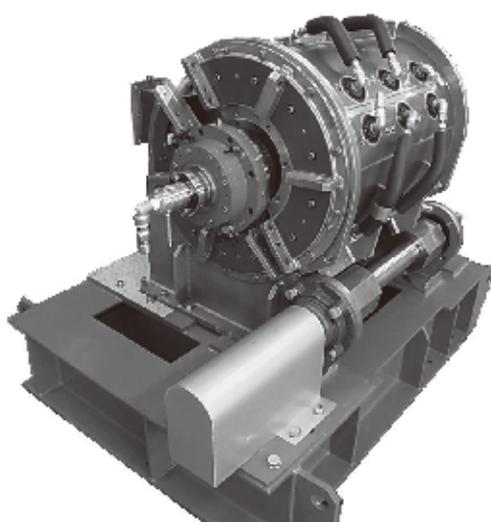


図1 「グラスス」の外観写真 (型式：GC-430)

#### 2. 高冷却型機械式微粉碎機 グラシス

##### 2.1 構造

本装置は効果的な冷却構造を徹底的に追及した衝撃式の微粉碎機です。粉碎時の原料の昇温を抑え、トナーや樹脂などの低融点、弱熱性物質の粉碎に優れた性能を発揮します。

(装置構造は図2参照)

本装置は、高速回転するロータとそれを取り囲むライナで構成されます。気流と共に供給された原料は、表面に細かなブレードが設けられたロータとライナの狭い空間を入口から出口に移動しながら、強力な衝撃・剪断力を受けて粉碎されます。粉碎ロータとライナ内部には、伝熱面積が最大限となるよう設計された特殊構造の冷却ジャケットが設けられ、そこに低温の冷却水（ブライン）を流すことで、粉碎によって発生した熱を瞬時に取り除きます。

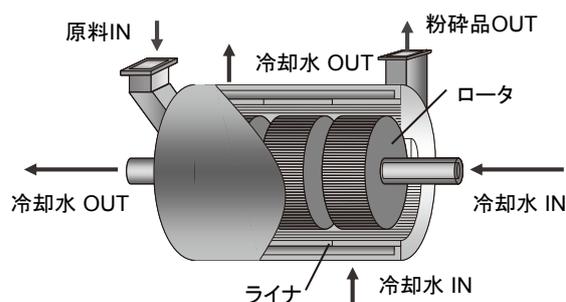


図2 グラシスの構造

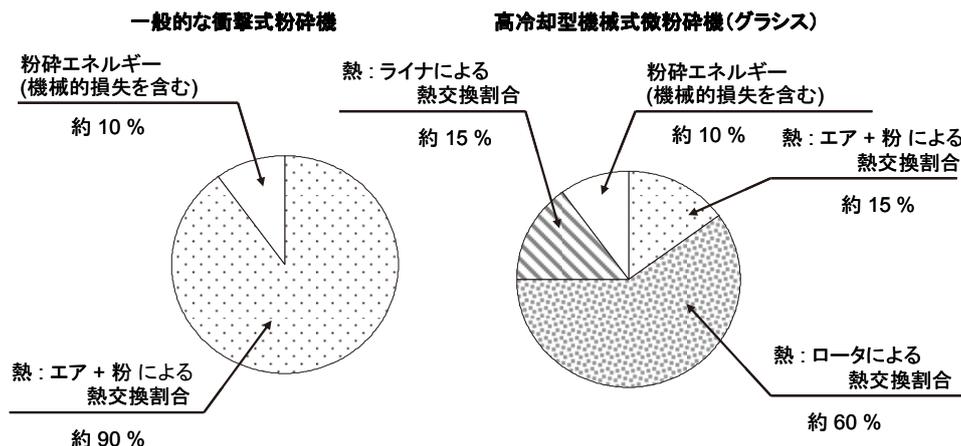


図3 発生する熱の交換割合比較

## 2.2 特長

### (1) 優れた冷却性能とコンパクト設計

機械式粉砕機では、消費するエネルギーの約90%以上が熱に変わり、粉砕に作用する純粋なエネルギーは1%にも満たないとされます。図3のグラフは粉砕機で発生する熱の交換割合の比較を示しています。低融点、弱熱性の原料であるトナーは、粉砕時の品温が40℃以上になると溶融や軟化の危険が増します。そのため、一般的な機械式粉砕機では、冷却のために大量の冷風を用いたり、処理能力を抑えて発熱量を下げるなどの対応が必要でした。

一方、本装置では、粉砕ロータとライナを流れる冷却液によって、発生した熱の約75%を効率的に取り除くことができるため、大型のモータを搭載しても昇温を抑えた粉砕が可能です。大量の冷却エアを必要としないため、風量が格段に小さくて済み、製品捕集機やブロワなどを小規模に設計できるので、省エネ、省

スペース、省コストを実現します。

### (2) 小粒径化と省エネルギー化

圧縮ガスの噴出で粉砕するジェットミルは、粉砕による発熱が少ないため、トナーの微粉砕に多く用いられて来ましたが、圧縮ガスを作るには多くのエネルギーを必要とします。図4は、トナーの粉砕における本装置とジェットミルの全システム動力に対する粉砕効率の比較です。本装置は、粉砕部の独自のデザインとロータ回転の高速化により、ジェットミルと同等の粒子径までの微粉砕を可能にすると共に消費エネルギーの大幅な削減を実現しました。また、省エネルギーの他、粉砕品に余分な超微粉の発生が少なく、粒子形状に丸みを持つ特徴を有します。

### (3) 実機レベルの試験設備

小型 (GC -250) から、中型 (GC -430)、大型 (GC -600) までの試験機を備え、実機レベルでの処理能力、粉砕品の粒子径分布、形状などが確認できます。(グラスの標準仕様は表1参照)

### (4) メンテナンス性

ケーシングは2分割構造で油圧によるヒンジ開閉が可能です。容易に分解清掃できます。(分解時の写真は図5参照)

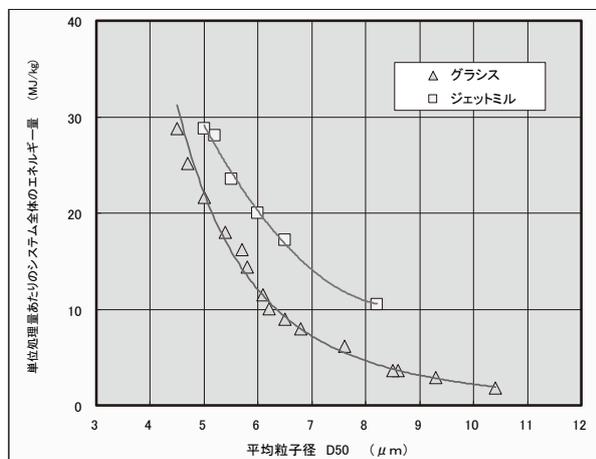


図4 ジェットミルとグラスの効率の比較

## 2.3 標準フロー

本装置の標準的なフローは、供給機、チラーユニット、熱交換器、捕集機、ブロワなどで構成されます。冷風と共に吸引された原料は、装置内部に送り込まれ、所定の粒子径に粉砕された後に、製品捕集機で空気と分離され、回収されます。処理品の粒子径は、粉砕ロータの回転速度、ブロワで吸引する空気流量、原料の供給速度などで調整されます。(標準フローは図

表1 グラシスの標準仕様

型式	GC-	250	430	600
スケールアップファクタ	(-)	0.3	1	2
動力	(kW)	11	37	75
風量	(m <sup>3</sup> /min)	1.5	5	10
幅	W (mm)	1200	1500	2000
奥行	D (mm)	800	1200	2000
高さ	H (mm)	700	1200	1400
概略質量	(kg)	600	2000	4000

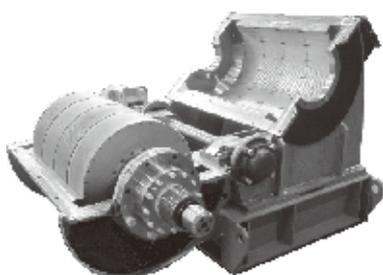


図5 分解時の写真 (型式: GC-600)

工されます。微粉除去工程には強制渦型気流式分級機 TTSP, 粗粉除去工程には慣性気流層式分級機 クリフィスが用いられます。

### 3.1 TTSPによる微粉分級

TSP分級機は、トナーの微粉除去専用開発された微粉分級機です。そのTSP分級機を1台の分級機内部に2台直列に配置することで、さらに高い分級効率を得られるよう開発されたトナー専用分級機の最上位機種がTTSPです。

### 3.2 装置構造とその特長

図7にTTSPの装置構造を示しました。上部から投入された原料は、一段目の分級ロータ部へ供給され、吸引エアとロータの遠心力のバランスによって微粉が取り除かれます。その後、一段目を通過した粉は、高い分散状態を保ったまま、二段目の分級ロータ部に送り込まれ、再び高精度の微粉除去が行われた後、排出されます。原料の逆流を生じない機構を有し、ワックスを多く内包する最新のトナーに対しても付着に強く、強力な分散場によって高収率の分級が可能です。また、分解・清掃が容易でコンパクトな設計となっています。表2にTTSPの標準仕様を示します。

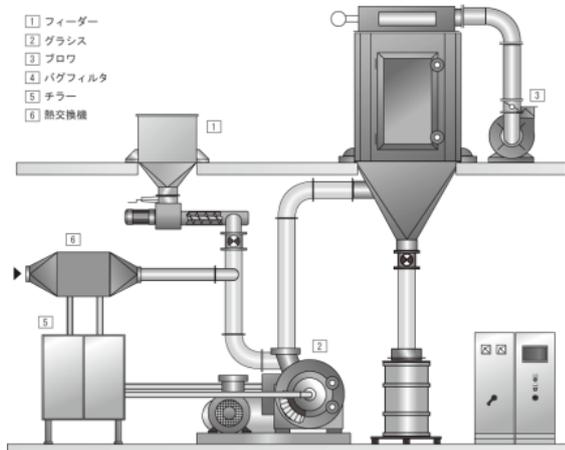


図6 高冷却型機械式微粉碎機の標準フロー

6 参照)

## 3. 微粉の除去 (強制渦型気流式分級機 TTSP)

グラシスで粉碎されたトナーは、さらに分級工程を経て、さらにシャープな粒子径分布を持った製品に加

## 4. 粗粉の除去 (慣性気流層式分級機 クリフィス)

### 4.1 クリフィスによる粗粉分級

グラシスは、その構造から分級機を内蔵することが困難なため、後工程で粉碎品に含まれる数%の粗粒 (10 $\mu$ m以上) を除去する必要があります。そのた

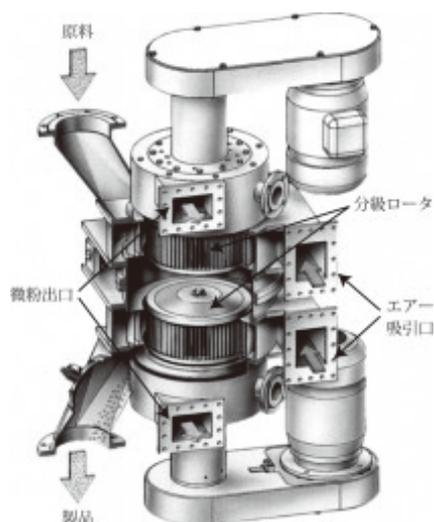


図7 TTSP 分級機の内部構造

め、グラスに続き、トナーの粗粉カットに特化した分級機 クリフィスを開発しました。

微粉に比べて、粗粉は比較的分散しやすい上、カットされた粗粉は、再度、グラスの粉碎ラインに戻ることができるため、開発にあたっては、できるだけ構造がシンプルで、低コストのシステムが構築できるよう駆動部のない新たな慣性気流式分級機として開発を目指しました。

#### 4.2 構造

図8にクリフィスの装置構造を示します。従来のコアンダ効果を用いた分級機や強制渦型気流式分級機では実現できなかった高性能な粗粉カット分級を実現するため、気流による慣性力を最大限に利用できる構造を目的としました。原料粒子を含むフィードエアは、交差する入気エアによって順次曲げられ、粗粉、微粉の出口より吸引排気されます。この流れの中で粒子は慣性力の差によって大きな粒子は直線的に、小さな粒子は大きく曲がって流路を二分され、位置調整が可能

な分級エッジにて分離されます。

#### 4.3 特長

##### (1) 高い分級精度

トナーの粗粉カットに非常に高い分級精度を有します。図9に従来機との分級性能の比較を示します。

##### (2) 斬新な構造

従来のコアンダ効果を利用した分級機とは異なり、気流の湾曲による慣性力のみで特化した分級機です。そのため、コアンダ効果を生むための壁が不要となり、斬新な構造となりました。

##### (3) 容易な粒子径コントロール

分級エッジ部の位置を変えることで容易に分級点を変更できます。

##### (4) 高い分解洗浄性

回転する駆動部分がないため、装置の構造がシンプルで分解洗浄が容易です。

##### (5) 大型機までのスケールアップが可能

装置の有効幅に比例したスケールアップが可能で、小型機から大型機までラインナップします。表3にクリフィスの標準仕様を示します。

#### 4.4 標準フロー

図10に標準的なフローを示します。供給機、エジェクタ、サイクロン、捕集機、プロワなどで構成されます。エジェクタにより噴射された原料（粉碎品）は、プロアで吸引されたエアと交差し、その軌跡が大きく曲げられることで、微粉と粗粉に分離され、サイクロンで捕集されます。分級点は、主に分級エッジの位置で調整されます。また、回収された粗粉はグラスの粉碎工程に戻され再粉碎されます。

### 5. トナーの粉碎・分級事例

微粉碎機グラス (GC-430)、微粉分級機

表2 TTSP の標準仕様

型式	TTSP	100	200	250	315	400	500
スケールアップファクタ		0.1	0.4	0.6	1.0	1.6	2.5
動力	[kW]	2	6	10	15	22	37
回転速度	[r.p.m.]	12000	6000	5000	4000	3000	2500
処理能力	[kg/hr]	30	170	270	420	690	1080

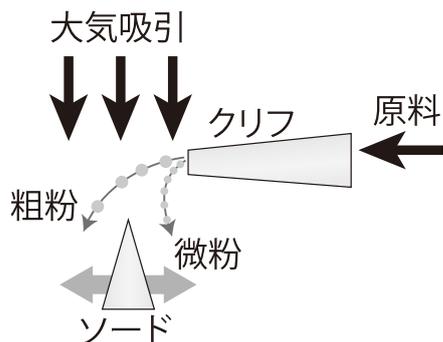


図8 クリフィスの装置構造

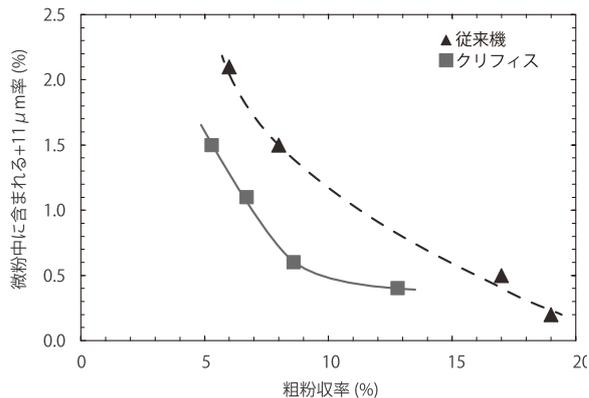


図9 分級性能の比較

表3 クリフィスの標準仕様

型式	CF-1	CF-2	CF-3	CF-4	CF-5	CF-6
スケールアップファクタ	1.0	1.6	2.2	2.8	3.4	4.0
有効幅 [mm]	15	30	45	60	75	90
標準風量 [Am <sup>3</sup> /min]	10	16	22	28	34	40
ブロワ [kW]	15	30	37	45	55	75
処理能力 [kg/hr]	60	100	180	240	300	360

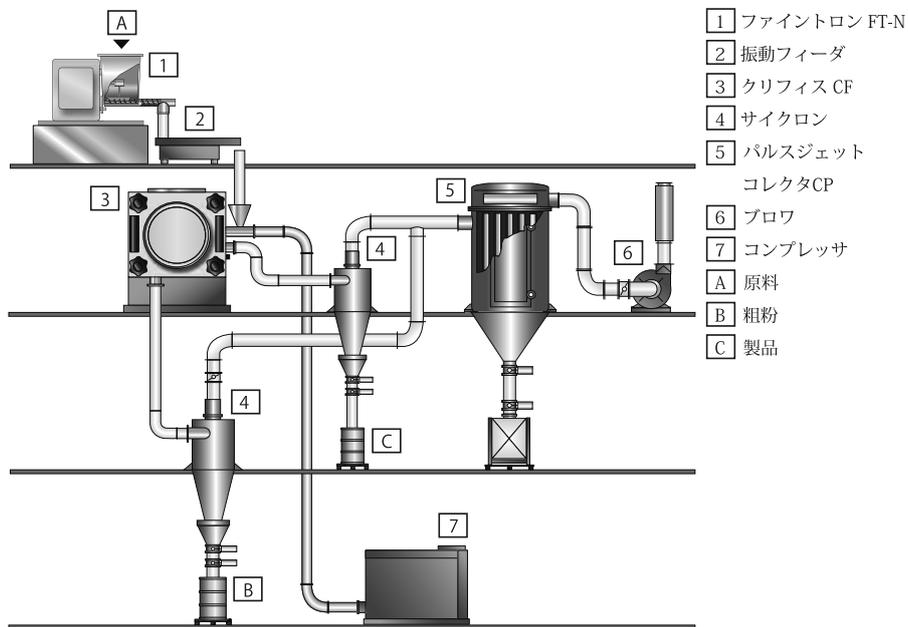


図10 クリフィスの標準フロー

200TTSP, 粗粉分級機クリフィス (CF-2) を用いて作製されたトナーのSEM写真と粒子径分布を図11に示します。

SEM写真より、トナーはガラスによる粉砕で既に丸みを帯びていることがわかります。さらにTTSPによる微粉分級工程で丸みが増しています。これは分

級ロータによる強い機械的作用によって生じる効果と推察されます。そして最後にクリフィスによる粗粉分級工程を経て、分布幅の狭いシャープな処理品が得られます。なお、微粉分級工程で融着による粗粒が生じた場合でも、それらを除去できるよう粗粉分級工程は微粉分級工程の後で行なわれるのが一般的です。

以上

Captions

- Fig. 1 The high-cooling mechanical mill "Glacis", type GC-430
- Fig. 2 The basic structure of Glacis
- Fig. 3 The heat transfer ration of the Glacis and

conventional mill

- Fig. 4 The comparison of the energy efficiency
- Fig. 5 The internal structure of Glacis
- Fig. 6 The standard flow sheet of Glacis
- Fig. 7 The internal structure of TTSP
- Fig. 8 The standard structure of Cliffis
- Fig. 9 The comparison of the classifying performance
- Fig. 10 The standard flow sheet of Cliffis
- Fig. 11 The SEM picture made by Glacis,Cliffis and TTSP
- Table 1 The standard specification of Glacis
- Table 2 The standard specification of TTSP
- Table 3 The standard specification of Cliffis

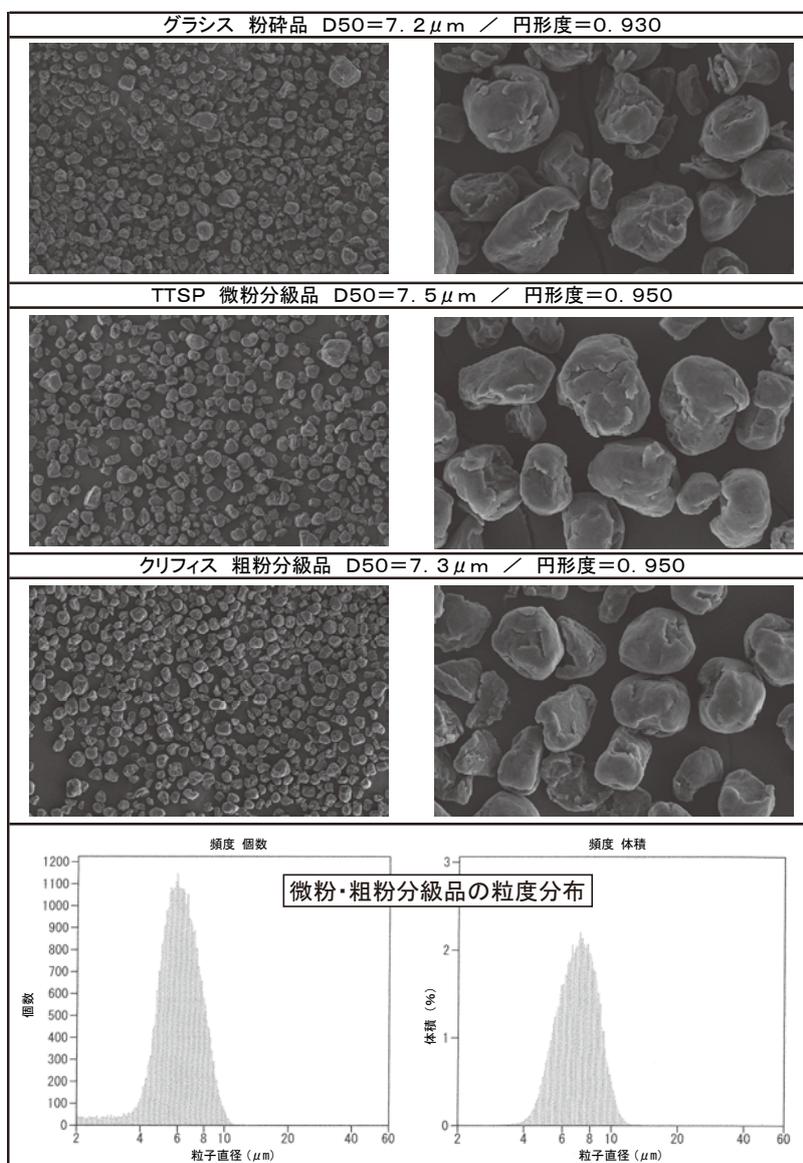


図11 グラシス, 200TTSP, クリフィスにて作製されたトナー粒子