
金属切削屑を再溶解用に固形化しつつ、付着 切削油を回収再利用する装置の開発と実用化

1. 会社概要	… 1
2. 技術開発の背景とねらい	… 2
3. 開発の経緯、目指す方向	… 5
4. 内蔵破碎機の開発	… 8
5. 圧縮機の開発	… 13
6. 装置全体構成と作動概要	… 15
7. 効果	… 17
8. 3R効果、環境負荷低減効果	… 18
まとめ	… 19

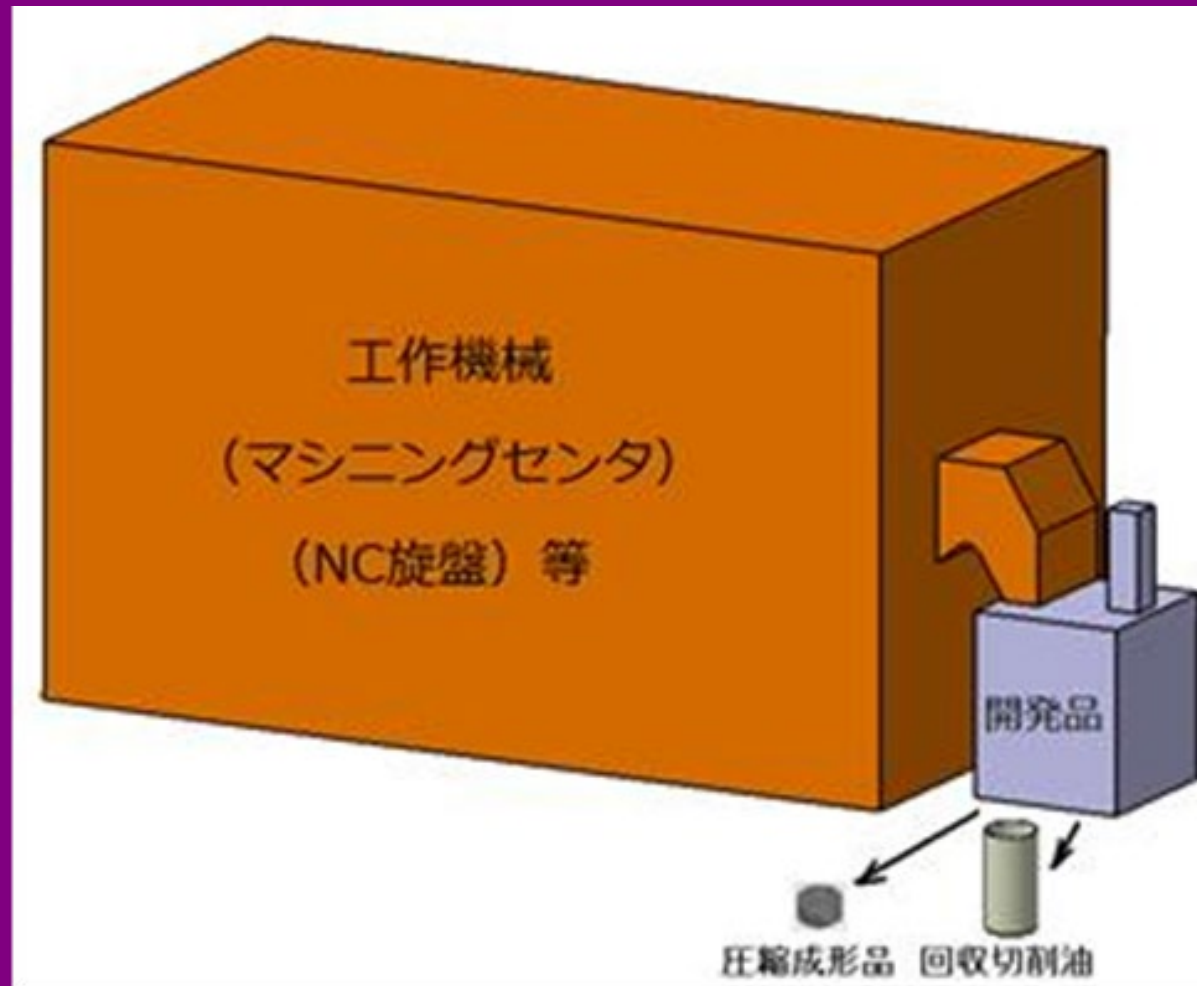
会社名	株式会社クリエイトエンジニアリング
代表者	代表取締役 栗田 省三
所在地	〒444-0802 愛知県岡崎市美合町字北屋敷55番地5
設立	平成21年
資本金	880万円
事業内容	<ol style="list-style-type: none">1. 産業用機器の設計、製造、販売2. 自動車部品の設計、製造、販売3. 産業用機器、自動車部品の設計請負4. CADデータの作成請負、CAE構造解析の請負

- 金属切削屑を固形化することで金属の回収を容易にする発想は従来からある。この発想の実現のために個々の加工機械設備から出る金属切削屑を手やコンベアを使って集積して大きな処理機に投入する場合には、人手がかかる上に危険作業でもあり、コンベアが故障するだけで工場の操業度にまで影響



- 開発装置は、相手加工機械設備毎に設置出来て金属切削屑が排出された直後にそのまま固形化し脱油する、全く新しい発想で開発したものである。

- 旋盤などの加工機械設備で金属を切削加工すると切削屑が排出される
- 切削加工の際には被削材と切削工具との摩擦を減らし、表面粗度を適正化し加工精度を確保するために、切削油を吹き付けて加工するのが一般的
- 従って、排出された金属切削屑には切削油が付着しており、中でも旋盤加工の場合には切削屑がカールしているので、人手で集積するのも容易ではない
- また、人手で集積する場合では集積するまでに切削油が流出し土壤汚染に発展も
- 発想を変えて加工機械設備毎に切削屑が排出された直後に処理してしまえば手扱いし易い塊が得られ、切削屑に付着している切削油も切削屑の圧縮工程で抽出出来るので切削油も再利用(リユース)が可能
- **課題は、加工機械設備毎におけるほどコンパクトで、かつ安価であることこれを全く新しい発想で実現した。**



開発コンセプト

- 固形化する対象の材料にもよるが、金属切削屑を固形化するには70MPa以上の圧縮面圧が必要
- 固形化物が円筒形の場合、円の面積は直径の2乗に比例する。即ち、円の直径を小さくしていけば、同じ圧縮面圧でも必要とする圧縮力は2乗比で減少
- 開発着手当時の市場を眺めると、切削屑の圧縮だけを行える機械は事例があり、固形化物の直径に着目すれば最も小さなもので70mm
- この時400kNの圧縮力で押圧すれば圧縮面圧(単位面積あたりの圧力)は約100MPaとなる。



ここで、固形化物の直径を50mmにすれば断面積が半分(70%の2乗)になるので同じ圧縮面圧が200kNの圧縮力で得られる

- 油圧圧縮シリンダーの価格は、圧縮ピストンの直径が大きくなると急激に上昇。これは同じ内圧でも圧縮ピストンの直径が大きくなると耐圧強度を確保するために圧縮シリンダーの内壁の厚みを増やす必要があるし、圧縮シリンダーの両端部には圧縮ピストンの面積と同じ受圧面積に比例した大きな油圧力が作用するので、受圧部材を厚くし締結ボルトのサイズも大きくする必要が生ずること等が要因



- 逆に発想すれば、固形化物の直径を小さくしていけば、圧縮シリンダーのサイズを価格面でも有利なサイズに減少出来るし、圧縮ピストンの面積が小さくなるので、圧縮ピストンを作動させるに必要な作動油の量を大きく減らすことが可能
- 従って、油圧ポンプシステムもコンパクト化出来、圧縮力が小さいので装置も簡素化が可能

- しかしながら、固形化物の直径を小さくすることは、圧縮成形室の直径も同様に小さくなるので、小さな圧縮成形室でも、たとえそれがカール状の切削屑であっても集積出来るようにする必要が発生
- このためもあって当時市場にあったものは全て大きな(70mm、90mm、110mmなど)固形化物の直径となっていた。従って、直径50mmの小さな圧縮成形室にカールした切削屑も集積出来れば、目標としている機械設備毎におけるほどコンパクトで、かつ安価な装置が実現出来ることになる



- そこで、カールした切削屑であっても破砕して小片化して集積する方法を具体化出来ればよいと発想

<破砕要素の開発>

- 全高を抑えたコンパクトな金属切削屑処理機を実現するためには、コンパクトな破砕機の搭載が必要。切削屑の取込性がよく、破砕刃の寿命が長く、異物が混入した場合でも破砕刃が破損しにくい破砕機の開発が必要
- 破砕原理は種々あるが、前記の必要条件から2軸対向回転式を採用し、開発には田口メソッドを適用

田口メソッドとは日本では品質工学とも呼ばれ、実験計画法を応用した技術開発・新製品開発を効率的に行う開発技法。

設計的に処置できるものを『**制御因子**』に、設計処置が出来ないものを『**誤差因子**』に分け、予めばらつかせて実験を行い、各々の寄与度を明確化し市場で発生する問題を事前に処置可能とするもの

『**制御因子**』として、

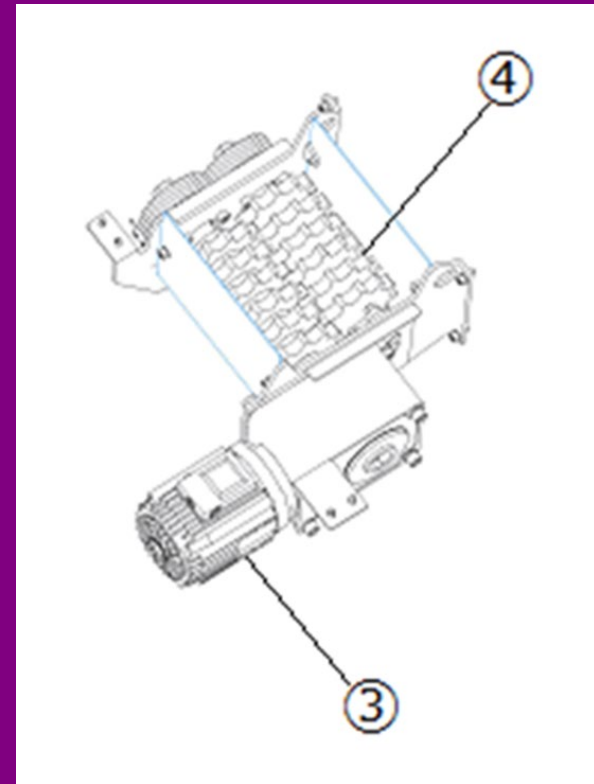
- 破砕刃の大きさ
- 破砕刃間の間隔
- 対向する破砕刃の刃底間隔
- 対向する刃同士の相対速度

を選定

実験結果の信頼性、再現性を担保するために、ばらつきの多い実際の切削屑ではなく、種々の太さの**軟鋼線、ステンレス線、ピアノ線、アルミ線、銅線**などを使用

この成果はノーハウ的な要素が大きいので詳細は割愛

- 開発した2軸対向回転式破砕機には平行配置した2つの回転軸があり、それぞれに複数の破砕刃が搭載されている。対向する破砕刃がそれぞれ内向きに相対回転し、破砕刃間でギロチンの様に切粉を連続的に破砕
- 回転軸の端にギヤがそれぞれついており、それぞれのギヤの大きさが違うことで対向する回転軸間に回転数差が生じ、小さな動力で大きな破砕力を生み出すことを可能にしている
- 破砕力を向上させるために、被駆動側の破砕軸を駆動する別の駆動源を付与した強化タイプも開発済



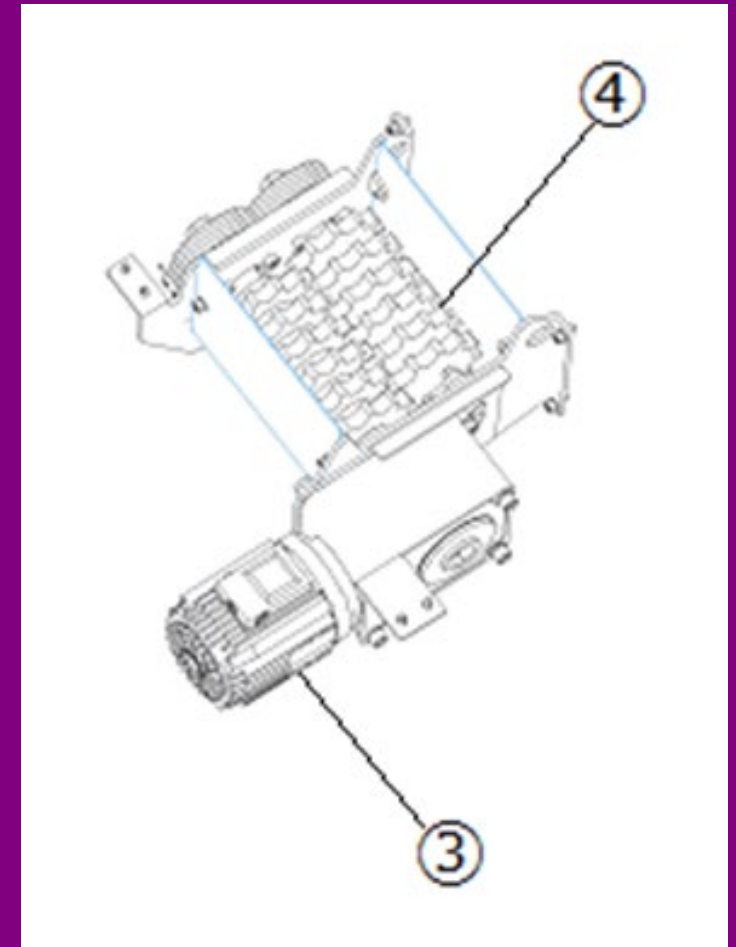
破砕要素を開発→実機搭載の破砕機の設計

開発にあたっては、

- 破砕刃に一気に切削屑が噛んだ時に破砕刃を取り付けている破砕軸が弾性変形することで破砕軸の軸受けを取り付けている板状部材に変形が発生し対策処置を実施
- 破砕刃の公差の集積に鈍感な構造を開発
- 破砕した切削屑の予期せぬ跳びはねに対処
- 破砕した切削屑の圧縮成形室への移送性を良くする改良

市場に投入出来るようにするには課題も多くあった。

完成した破砕機は右図に示す。これを搭載することで、**市場で唯一の破砕機を内蔵した金属切削屑処理機**を完成した。



投入後の切削屑が固形化されるイメージ



- 切削屑を十分に細長い圧縮成形室(細長い円筒形状部材)に投入し、長い圧縮用プランジャーで押圧すれば1回の圧縮だけで十分な厚みの固形化物が得られるが、細長い圧縮成形室を挿入する大きなスペースを必要とするうえに、長い圧縮用プランジャーの通過スペースや長大なストロークの圧縮シリンダーが大きく上部に突出した形態になってしまい現実的ではない。
- 実際の小片化したアルミや鉄系の切削屑を圧縮成形室に集積し、切削屑の圧縮特性の計測によって、複数回追加投入することで圧縮プランジャーの長さや圧縮シリンダーのストロークの短縮化、適正化を図り、機械設備毎におけるコンパクトな全高を実現した。
- 圧縮要素開発としては、圧縮スリーブ(筒)と圧縮プランジャー(棒)との勘合隙間(ガタ)の設定(大きすぎても小さすぎても良くなく適正なレンジがある)、前記各々の使用材料、熱処理方法、加工精度、表面粗度、表面処理などにノーハウが存在するが詳細は割愛する。

- また、破碎機内蔵金属切削屑処理機とすることで、内蔵の破碎機と圧縮機の協調制御が実現出来、種々の材料、カール状、チップ状など種々の形状の切削屑であっても処理可能となった。本邦唯一の完成した装置は右図に示す。

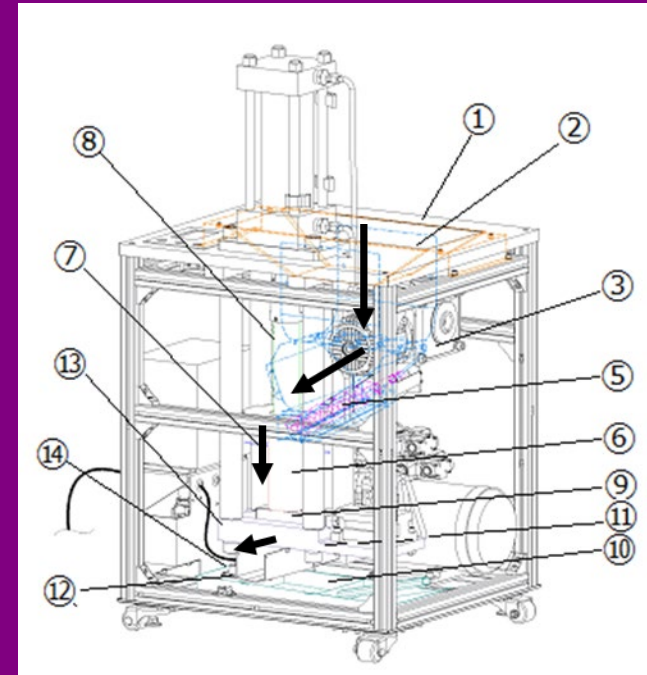


- 付着している切削油は、切削屑を放置して油切れさせても回収率は低いですが、開発機では切削屑を圧縮する際に滲出してくる切削油を、圧縮成形室の一端を形成する閉塞部材に専用の切削油回収通路を設けて回収し、底部のオイルパンに集積して専用ポンプで機外へ排出する方法を採用した。本装置は、付着切削油の98%を回収でき、そのまま再利用(リユース)することが可能

6. 装置全体構成と作動概要

- 切削屑は、ホッパー②に相手機械設備から自動的に投入される。
- 投入された切削屑は、破砕機③で小片化され、
- コンベア⑤により圧縮スリーブ⑥に蓄積される。
- 圧縮スリーブ⑥に切削屑が満杯になると、圧縮用油圧パワーシリンダーに連結されている圧縮プランジャー⑧が下降し切削屑を圧縮する。
- この時に切削屑の固形化と同時に付着した切削油は抽出される。
- 切削油は固形化物圧縮／排出ゲート⑨に設けられた切削油用通路を通して下部のオイルパン⑩に溜まり、専用のポンプで自動的に機外に排出される。
- 圧縮工程が終わると、圧縮プランジャー⑧は一旦僅かに上昇しゲート⑨が開く。
- 同時に押し出しシリンダー一部⑪が奥に移動し、固形化物排出スペースを確保する。
- 圧縮プランジャー⑧は再び下降し、ブリケットを排出口⑫に押し出す。
- 圧縮プランジャー⑧は上昇途中で一旦停止しゲート⑨を閉じる。
- 同時に押し出しシリンダー一部⑪で固形化物を機外方向に押し出す。
- 圧縮プランジャー⑧は再び上昇して原位置に復帰し、1サイクル完了。

以降は自動で繰り返す。



6. 装置全体構成と作動概要



- 従来の市場の装置は、破碎機構がないので、旋盤などから排出されるカール状の切粉など種々な性状の切粉には対応出来ない問題があった。
本開発装置は、様々な形態、寸法の切粉でも捕捉して破碎する専用のコンパクトな内蔵破碎機を独自開発し、切削屑を一旦破碎してしまうことで、圧縮成形室の内径を大きくせずに集積し、小さな圧縮動力で圧縮成形品を得て再溶解(リサイクル)へと繋げている。
- 相手機械設備の切削屑排出口にあるチップバケット(切削屑箱)に置き換えてそのまま配置出来る、洗濯機より少し大きいほど小型で低価格の画期的な装置で、大型装置を導入するスペース、資金力の乏しい企業でも設置出来、切削加工時に発生するカール状、チップ状など種々な性状の異なる切粉を、1/5~1/50に減容・固形化して再溶解(リサイクル)が可能で、切粉油も98%以上回収再利用(リユース)出来、切削油消費を削減(リデュース)出来て環境汚染防止も達成出来ている。
- 切粉を固形化することで再溶解(リサイクル)し易くなり、工場の運営費も削減されて、経済効果が上がる。また、切粉処理に要していた人手(人件費)を大幅に削減出来、より生産性の高い人員配置が出来る。

本装置の導入により以下の項目に関して3R効果、環境負荷低減効果が得られる。

注：試算前提：4トントラック 1回／月配送 ← 6回／月(1.5回／週)配送
(片道10km。燃費5km／ℓ。CO2 400g／km と仮定)

- 1) 切削油回収再利用(リユース)と消費量の削減(リデュース)が可能
430ℓ／月・台の回収再利用が可能。(切削屑約11,000ℓ／月処理の場合)
(切粉の嵩比重0.3 切粉の単位体積あたりの切削油含有量40cc／ℓと仮定)
- 2) 切削屑回収用トラックの配送回数減少に伴う化石燃料消費削減
軽油： 4ℓ／月・台 ← 24ℓ／月・台 (△83%低減)
- 3) 同上に伴う大気汚染物質の排出削減
CO2： 8000g／月・台 ← 48000g／月・台 (△83%低減)

- (1) 専用設計のコンパクトな破碎機を開発し搭載したことで、直径の小さな圧縮成形室へもカール状の切削屑でさえも投入可能となった。
- (2) 直径の小さな圧縮成形室は固形化用の圧縮シリンダーの小型が可能となり、圧縮シリンダーの作動に必要な作動油も減らすことが出来た結果、小型の油圧ポンプシステムで成立出来るようになった。
- (3) この結果、開発装置を相手機械設備の切削屑排出口に直接置ける小型化が実現し、切削屑が排出された直後に固形化して、圧縮工程で切削油も回収可能となった。
- (4) この装置の導入により、嵩張る切削屑を途中で人手を介さずに減容固形化出来るようになったので、切削屑回収頻度の大幅な減少、高価な切削油でも大半を回収再利用が実現、切削屑回収処理の手扱いの人員を激減させ、より効率的な人員再配置が可能となった。
- (5) 化石燃料消費量およびCO2排出量を各々80%以上削減が出来、切削屑の固形化再生および切削油の回収再利用で資源の有効利用が促進でき、SDG'sの潮流に沿った新しい切削屑処理を実用化出来た。
- (6) 切削屑中の端材等の異物を、アラーム停止することなく機外に排出する独自開発の異物排出機構内蔵装置や、圧縮ピストンの外径を大きくせずに圧縮力を50%増大出来る独自開発の増圧機構内蔵装置も開発し、実用化に成功している。

お わ り