

理化学研究所 ニュース

Sep.—1969

No. 12

振動切削に関する研究

わが国の時計、カメラ、電子工業製品は世界市場にめざましい進出と発展を遂げつつある。しかし、その製品加工に使用される工作機械のなかには、海外技術に依存したり、または、しなければならぬものが今日といえどもまだかなりある。輸入した工作機械をマザーマシンとして、デッドコピーまたは若干の改良をほどこした工作機械が今もなお多く使用されている。

一方では、日ごとに、高精度の技術と製品のコスト軽減が強く要望されつつあり、この期待に応えるためには、技術水準も高度にレベルアップしたと見なされている今日のわが国では、従来と同じ考え方で海外に手本を求めても求められず、本質的に掘りさげて開発した、すなわち、わが国独自の理論ならびに技術をもって強力に根気よく推進していかねばならなくなっている。その一翼をになおうとしているのが当所機械計測研究室で行なわれている振動切削である。

—振動切削とは—

この振動切削は、低温切削、すなわち、加工物を -20°C 以下に冷却すると炭素鋼のような体心立方格子には低温ぜい性効果があらわれて削りやすくなるが、黄銅のような面心立方格子にはなんらの変化があらわれないことなどから、切りくず生成機構は刃先の静的作用よりも動的衝撃作用に

より多く影響されること、また、たとえ切削工具を刃物台にがたがないように固定しても刃先は不規則に微小振動している事実が認められる実験結果（これは最近の刃先付近の高速度写真からも確認される）などから、連続する規則的な衝撃作用を与えて切削する方法として創始されたものである。研究成果の第一報を発表した当時は、巨視的な考え方が支配的で、切削工具は刃物台にがたなくがっちり固定して絶対に振動などしないようにするのが常識とされており、それをこともあろうにわざわざ振動させて削るとはなにごとだという抵抗があったが、今日までの基礎と応用にわたる広い研究成果によって、最近では振動切削専用の工作機械も製作され、あるものは生産ラインで稼動するにまで発展し、振動切削の真価が発揮されつつあり、その意義が急速に各方面に再認識されるようになってきた。

—そのからくりと特長—

この振動切削は図1のようにして、あらゆる切削工具および研削工具、工作機械に適用される。このほかに振動切削理論は振動プレス加工や振動線引加工、プラスチック溶接加工にも展開され、応用されるものである。

振動は切削方向と同方向で切削工具に与えることを原則として、振動数 f 、振幅 a を、切削速度

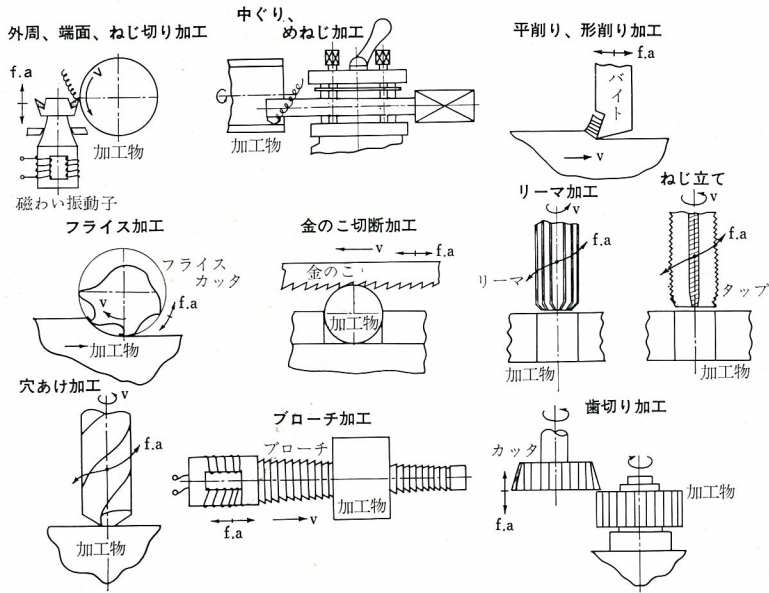


図 1 振動切削方法

慣用切削における各切削工具の切削方向に、振動数 f 、振幅 a を重畳し、切削速度 v との間に $v < 2\pi af$ の切削条件を満足させるようにした点を特長とする。

v との間に $v < 2\pi af$ となる関係にし、振動速度が切削速度よりも早くなる切削条件にして切削する。

振動数 f を高めるほど、切削速度を高速化することができ、また、加工物の固有振動数 f_n との比が大きくなって後述する不感性振動切削機構となって切削効果が向上する。現在の技術では、50 KHz 程度が限度であるが、切削速度を 2~4 倍にアップすべく高周波高出力のエネルギー源の開発に努力している。振幅が $15\sim 20\mu$ となるように切削工具、振動系を設計し、製作された特殊切削工具を使用する。ただし図 1 にも示すタップ、リーマ、ブローチ盤の場合には、工具形状、工作機械の構造から切削速度が低いので、使用する振動数は、100 Hz、振幅は $0.2\sim 0.3\text{ mm}$ が振動条件として用いられ、前者の磁歪(わい)、電歪(わい)現象の利用とは異なる機械的振動駆動方法によって工作機械が構成される。

刃先の運動機構は図 2 に示すようになり、切削工具の 1 サイクルごとに切りくずと工具すくい面とが離れる独特の機構となり、切削抵抗はパルス状に作用する。主な因子として加工物の固有振動

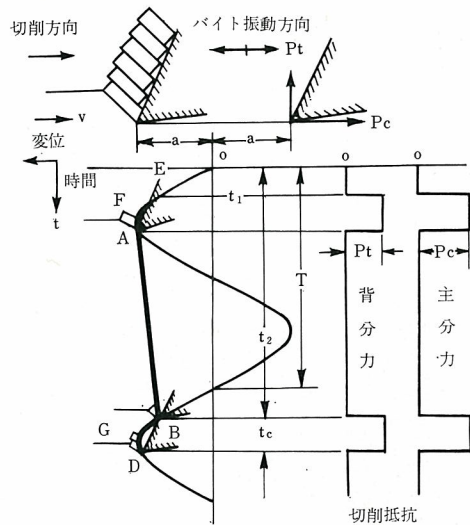


図 2 振動切削機構

数 f_n と、工具振動数 f との関係によって、零位瞬間振動切削機構、不感性振動切削機構を使いわけられる。前者は、この振動切削特有のパルス状の切削抵抗によって、揺り動かされる加工物がちょうど

静止していたときの点、すなわち変位零を通過する付近のみの瞬間だけをつかまえて切削する機構で、100 Hz 振動切削で用いる切削機構である。後者は加工物の固有振動数 f_n と工具振動数 f との比を大きくすると切削抵抗を感じなくなり、変位が零でまったく静止していると同じような状態になりいわば加工物を不感症にごまかして切削する巧妙な切削機構である。いわゆる超音波域の20 KHz以上の振動切削で用いる切削機構である。

この切削機構で、次のような切削機構がえられる。

- 1) 切削抵抗が下がる、2) 加工精度が向上する、
- 3) 幾可学的仕上面あらさとなる、4) ばりがでない、5) 切りくずの排出がよくなる、6) 設定どおりの切込みができる、微小切削が可能である、
- 7) 加工物に工具をおさえつけ、加工物をむやみに高速回転させないですむので摩擦によるむだな切削温度をあげないですむ、8) 室温とほぼ同じ程度の温度の切りくずがえられる、9) 工具寿命がのびる、10) 切削油剤の冷却、潤滑作用を円滑にする。

一最近の研究成果の例一

最近の研究成果のうち主なものを紹介する。

従来、直径 150 mm 程度の円板の平面度を $2 \sim 3 \mu$ におさえようとすると、常識的にはラップ加工するのであるが、加工後砥粒が黄銅板にめりこんで、摺動面として使用すると摩擦を早める原因になる。そこで切削加工したままでなんとかしなければならぬので、ダイヤモンド工具を用いて高速切削すると、チャックから取りはずしたあとの平面は、約 $12 \sim 15 \mu$ 程度に大きくひずむ。それを、当所の工業化研究で完成した新しい振動切削旋盤（図3に示す）によって、主軸回転数はたかだか 200 r.p.m. 程度で、その平面度を $1 \sim 2 \mu$ に加工することができた。

鋳鉄の仕上面あらさは従来、精密旋盤を用いても $4 \sim 5 \mu$ 程度がその限界とされていた。しかし、最近は更にこまかい仕上面あらさの要求と、やかましい寸法管理が要求されてきた。そこで上記旋盤によってテストした結果、珍しい鋳鉄の流れ形切りくずがみられて、仕上面あらさを 0.5μ まで

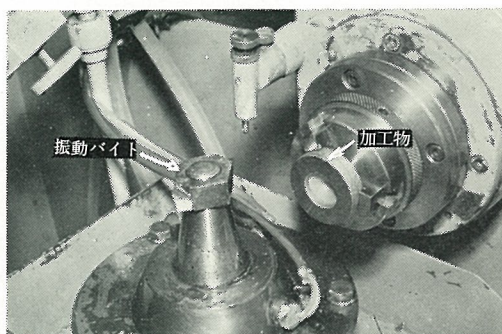


図3 振動切削工作機械

あらかじめ計算して求められる切削条件でえられることがわかった。従来の鋳鉄の旋削仕上面あらさ 5μ の壁を破って、実に 0.5μ にしうることができた。

次にかたい焼入鋼でもまったく珍しい変色しない流れ形切りくずで普通炭素鋼同様に切削できることがわかった。

慣用切削では、ばらばらの切りくずで、仕上面あらさは計算値から遠ざかり、切削面にはところどころ強く摩擦して光る面などがあって、とてもそのまま焼入鋼の仕上面としては使用に耐えない状態であるものが、この振動切削によって、そのまま何も手を加えずに製品として使用できる仕上面となることがわかった。焼入した素材からいきなり切削加工できるようになることは生産加工技術者の永い間の夢であったが、その夢が実現されそうな今日となってきた。

最近では、関係各方面からの具体的テストピースによる試験依頼や、依託研究、依託研究生による協同研究も活発に展開され、最も基礎的で重要な生産加工上の課題である、まん丸な、まっすぐな、まったいらな加工や、まっすぐでまん丸な穴あけやねじ加工が自由自在にできる振動切削工作機械を、わが国独自の工作機械の1つとして完成すべく着々と研究が進められているところである。

(機械計測研究室副主任研究員 隈部淳一郎)

工 作 部 の 紹 介

— 研究とともに50年 —

総合的な研究機関としての当所の伝統的な特色の一つに“工作部”の存在があります。現在ではいわゆる Work Shop は、研究活動を支えるテクニカル・サービス機能の中でも最も重要なものとして認識され、研究機関の環境づくりの中で、これを整備することが必須のこととされるようになってきていますが、当所では、すでに、50余年前のその創立時において、Work Shop 機能の整備に格別の努力がなされました。

すなわち、“工作係”という組織で発足した当所の Work Shop は、当時の首脳部の努力により、技術者の発掘、養成、機械設備の整備充実が精力的に行なわれ、日ならずして、精密機械工作、鋳工、鍛工、塗工、木工、ガラス細工などの総合技術能力を有した、最も完備した Work Shop になったのです。

以後、50年にわたり、その間、若干の組織的変更はありましたが、一貫して独立した技術サービス部門として、所内のみならず、所外の研究者の研究上の技術的問題の解決に当り、場合によっては、単なるサービス機能のみでなく、当所の研究推進の原動力としての役割を果たしてきています。

なお、この間、社会的情勢や運営上の方針によって、たとえば、各種の放射能測定機のように、研究室の協力のもとに、これを生産し、製品として広く提供し、斯業界に寄与したこともあります。現在では、このような生産活動は行なわず、もっぱら研究上のテクニカル・サービス活動に全力をあげています。

—現在の工作部の活動状況—

現在の工作部は図1のとおり組織を有し、ここに約70名の技術者が配置されています。

保有する機械、装置、設備類は約70機種におよび、研究者の要請に応じ、これらが駆使され、研究活動に必要な設備機器類がつくられています。現在、有している技術的能力の範囲を少し具体的に示すと次のようにまとめられます。

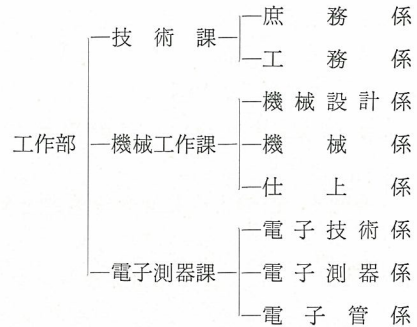


図1 工作部の組織

- (1) 機械加工一般および精密測定機器
- (2) エレクトロニクス応用機器
- (3) 特殊電子管
- (4) ガラス細工ならびに真空系作業
- (5) 各種溶接
- (6) 金属表面处理(鍍金、アルミ陽極酸化など)
- (7) 金属の細線化、蜘蛛糸細工など特殊加工

—工作部活動の具体例—

このような当所の工作部の活動をさらに具体的に示すために、実際にどのような機器が作られているかを、ここ数年の実績の中から主なものいくつかを紹介してみます。先にのべたように、当所では所内だけでなく外部からの特殊な技術的要請にも応えており、これをわけて示します。

(所内の研究のための機器の例)

○Fastie-Ebert モノクロメータ (写真1)

核融合研究のためのプラズマ測定用のもので、

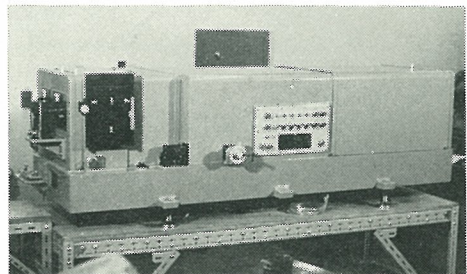


写真1 Fastie-Ebert モノクロメーター

わが国最高の性能をもつ。(核融合研究室)

- 遠赤外サブミリ波レーザー装置(写真2)
波長 50~500 μ 範囲のレーザー発振装置。(マイクロ波物理研究室)

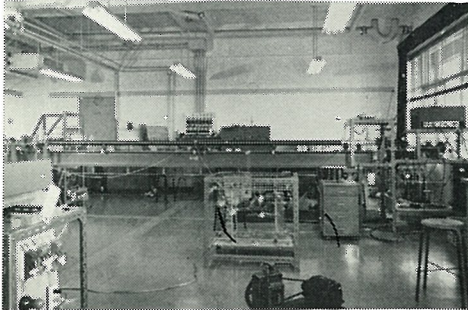


写真2 遠赤外サブミリ波レーザー発振装置

- 自動記録式粘弾性測定装置
高分子物質, 特に血液などの温度スペクトルが得られる。(生体高分子物理研究室)
- 微量送入手動定量ポンプ(写真3)
連続的な分解反応, 合成, 抽出などにおいて12~110 cm^3/h の範囲の定量送入手動に用いる。(高分子化学研究室)

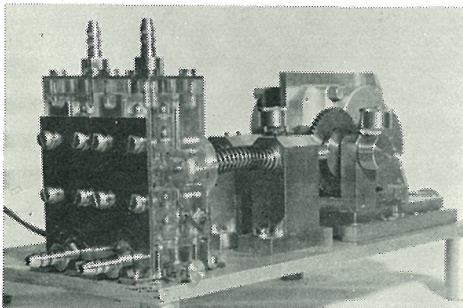


写真3 微量送入手動定量ポンプ

- トルク磁力計
真空中で温度変化を与え, 強磁性体の磁化の強さを測定するためのもの。(磁性研究室)
- 深海底層流測定装置
放射性廃棄物の海洋投棄などに関連して深海流速を測定するためのもの。(海洋物理研究室)
- 閃光起動装置(写真4)
反応中間体の吸収スペクトルと時間的变化を測定するためのもの。(放射線化学研究室)

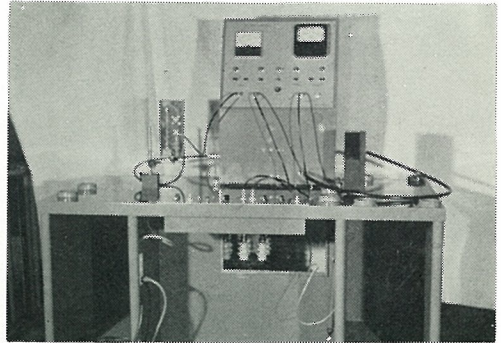


写真4 閃光起動装置

以上のほか, 小さな工作まで含めると, 年間平均1,000件弱の技術サービスを行なっています。

(所外より依頼された機器の例)

〜放射能計器関係〜

- 8進式携帯用計数装置(気象庁)
- 深海用放射能計数装置(//)
- 窓なしガスフローカウンター(原子力研究所)
- ロケット搭載用宇宙線計(東大宇宙航空研)
(写真5)

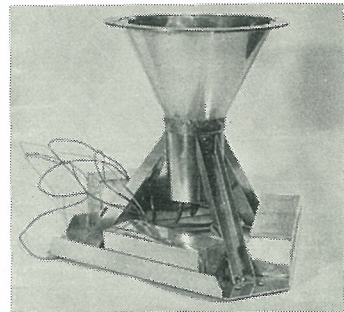


写真5 ロケット搭載用宇宙線計

- 密度検層装置(土木研究所)
- 密度含水量同時測定装置(//)
- サウンディング密度計(//)
- 洗堀測定用密度計(//)
- 深井戸内垂直流測定器(農業土木試験所)
- 可搬型密度測定装置(長岡工事事務所)

〜ガイガーミュラー計数管関係〜

- 特殊マイクロGM計数管(東京医大)
- 放射能検層計(水産庁)(写真6)
- 新型GM管式サーベーター(放医研)
- 放射線列車選別装置用計数率計(鉄道技研)

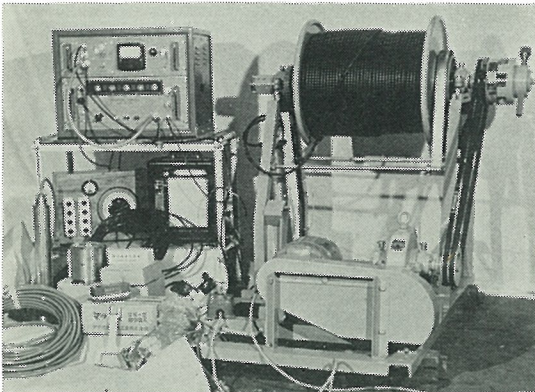


写真6 放射能検層計

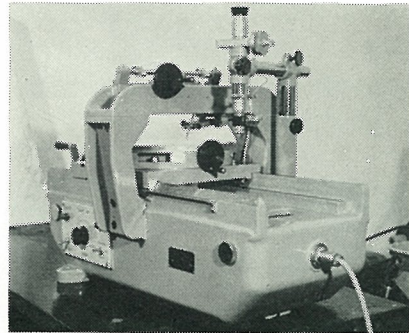


写真7 印刷用刻線装置

〜精密機器関係〜

- 超長周期ガルバノメーター (原子力研究所)
 - β線スペクトロメーター (")
 - 低温低周波内部摩擦測定装置 (")
 - 切削油試験機 (東洋大学, 東洋工業他)
 - 小型直線目盛機 (東京光学機械)
 - 迅速摩耗試験機 (機械試験所)
 - 印刷用刻線装置 (凸版印刷) (写真7)
 - コンパレーターB型 (大阪大学)
 - コンパレーターII型 (鉄道技研, 竹中工務店他)
- 以上を含め, 三十数機関り約80件に及ぶ機器の依頼工作を行ないました。

—おわりに—

工作部の活動状況は以上のとおりですが, 現在これらの活動は駒込研究所 (東京都文京区) において行なわれています。その建物, 施設は50余年の歳月で, かなり老朽化し, いろいろと業務遂行に支障をきたす面も生じていますが, 当所の移転計画にしたがい, 大和研究所への移転建設に着手しており, 約1年の後には, 大和研究所へ集結できる予定です。

さらに技術の研鑽にはげみ, 効率的な真の意味でのWork Shopとして, 今後とも, 所内のみならず, わが国の研究者に対する技術サービス機能を強化し, 研究の推進に寄与するとともに, わが国の技術の向上の一助となりたいと思っています。



モアレ縞

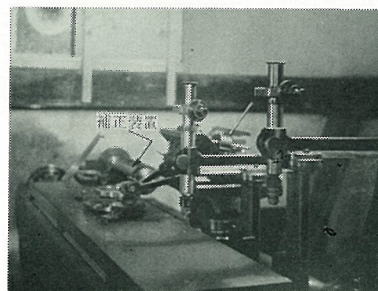
今から30余年前, 長岡研究室から赤外線を使用される目の粗い大きさ 150 mm (材料はスペキュラムメタル) の回折格子の製作を依頼された。当時レーザリングエンジンを試作していたが, この目の粗いものには

送りが細かすぎて役立たないので, SIP ラボラトリー用リニヤディバイディングマシンを使用した。この機械は送りねじの補正装置, 材料の膨脹係数の差による補正装置などがあり, 精密な目盛機であるが, 1ピッチの間には何本ということになるとわずかな誤差が生じる。

ためし切りを行ない, その誤差を測微顕微鏡で読み取っているところへ長岡半太郎先生がお見えになりこの目盛線の上に『わずかに斜めに交差させて線引きしてみなさい』とモアレ縞による測定を教えて下さった。

その結果, 実にきれいな目盛線の波が現われ, その波が誤差であることが簡単にわかった。この波から計算し, 写真に示すような装置を取り付け, この仕事を完成した。

その結果, 実にきれいな目盛線の波が現われ, その波が誤差であることが簡単にわかった。この波から計算し, 写真に示すような装置を取り付け, この仕事を完成した。



リニヤディバイディングマシン

(元当所工作部次長 町田秀雄)