

工作機械の作業時における工具劣化の監視に関する 研究(第1報動向調査)

機械金属部 小石川勝男

1. はじめに

近年の半導体技術, ソフトウェア技術の進歩により, NC 工作機械やマシニングセンタ等の機能は飛躍的に高度化されてきた。最近では, さらにこの機能を向上させるための努力がなされている。例えば, 加工の状況を連続的に監視を行い, 信頼性が高く作業能率がよい加工システムの実現が要望されており, 特に, 能率向上と最適化を実施するうえにおいては, 工作機械の異常動作, 故障, 工作物の寸法, 形状誤差, 表面粗さ, 工具の摩耗, 欠損など工作機械の作業時の各種計測技術の確立を図らなければならない。

以上のうち本研究では, 切削工具の劣化に関する計測技術について取り上げ, この動向について調査した。

切削工具は, 過大な負荷等, また工作物や機械に衝突した場合に欠損, 破損を生じる。欠損した状態で加工を継続すれば不良品を出すことになり, 生産コストに対して損失が大きい。一般に工具の損傷は摩耗と欠損に大別される。摩耗は定常的に進行する場合が多く, 切削データによって工具寿命を予め予測することができるが, さらに詳しい工具寿命を望むには摩耗の監視が必要であり, 一方, 欠損は切削開始直後あるいは切削時間がかなり経過した後に突発的に起るため, 常時監視することが必要である。この損傷はインプロセス計測によって知ることができる。

本稿では, このインプロセス計測の研究について学術論文を中心に調査し, 今後すすめる工具劣化の監視の研究指針を得るため, ここにまとめたので報告する。

2. インプロセス計測

工具損傷のインプロセス計測法には, 直接的な方法と間接的な方法とがある。一般に間接的な方法が数多く試みられている。その方法として切削抵抗(力), 消費電力, 振動, 音, 仕上面粗さが変換信号として用いられている。表1は, 切削抵抗, アコースティック・エミッション(AE), 消費電力関係等をまとめた表である。この調査表は, 日本機械学会論文集, 精密機械, 同講演論文集を昭和40年頃から調査した。切削抵抗関係は12編, AE関係11編, 消費電力関係5編, その他3編で, 切削抵抗, AEを利用した研究報告が多いことがわかる。切削抵抗の測定は, 切測動力計やひずみゲージを利用していることから実用化には困難が多いと思われた。AEは利用方法に特別に注意を要する。また, 消費電力関係は今後, 研究する分野があると思われる。

表1 インプロセス計測方法の種類

切 削 抵 抗 関 係

論 文 名	検 出 方 法	年 度 ・ 名 前
工作機械の適応制御に関する研究	切削動力計によって切削抵抗を検出	S 52-11, 43-375号 機学論文集 大隅鉄工 渡辺他
旋削の最適化および適応制御	切削動力計, トルク計, 主軸回転計等を用いている。	S 53-1, 44-377号 機学論文集 機械技研 谷他
切削抵抗による工具損傷の検出	正面スライス削りにおいて, 切削動力計から切削抵抗信号の検出, また I TV により損傷部を記録	S 53 精機, 秋, 前刷 機械技研 宮坂他
多種少量生産工場の自動化に関する研究 ～第1報, 工具異常検出システムについて～	ドリル動力計により切削抵抗を測定	S 53 精機, 春, 前刷 川崎重, 高野他
切削分力比率による工具損傷の検出	工具動力計により切削抵抗を検出	S 58-5, 49-441号 機学論文集 東京電機大 榎村
ドリル損耗検出に関する研究 (第1報)	切削動力計を用いてドリル加工における切削抵抗を検出	S 59-6, 精機 50-6 東京電機大 榎村
切削抵抗の動的成分による工具の性能評価	旋盤による切削加工における切削抵抗を測定するために圧電型切削動力計を使用	S 59 精機, 秋 講演論文集 東芝機械 頼他
回転工具の切削抵抗測定 (第3報) ～工具動力計との比較～	フライス, ドリル加工において切削抵抗をひずみゲージにより検出して, 光転送	S 59 精機, 秋, 前刷 講演論文集 大分大 池崎他
高信頼性切削工具系の研究	切削動力計, I TV によって欠損検出	S 60, 51-463号 機学論文集 機械技研 宮坂他
微小径ドリルの折損原の究明と折損予知に関する研究	ドリル折損のメカニズムの解明と切削抵抗による切削状態の監視	S 60-11, 51-471号 機学論文集 2929 慶大 大久保他
小径ドリル用工具ホルダー形 FM式トルク・スラスト温度センサーの開発	ドリルのトルク・スラストをひずみゲージで検出。また熱電対でドリル先端温度を検出	S 60 精機, 秋 講演論文集 東大 畑村他
切削抵抗分力の無次元表示による工具損傷の検出	フランク摩耗の進行に伴う切削抵抗の変化をひずみゲージにより検出	S 61 精機, 秋, 論文集 佐賀大 石橋他

A E セ ン サ 関 係

論 文 名	検 出 方 法	年 度 ・ 名 前
工具破損検出器の開発	圧電形の加速度ピックアップを利用して振動を検出	S 53 精機, 春, 前刷 東芝 能他
アコースティック・エミッションによる切削状態の認識と工具摩耗のインプロセス測定(続報)	A E 信号により工具の摩耗, 欠損の検出	S 53 精機, 春, 前刷 神戸大 岩田他
工具装着形センサによる切削状態の監視について	圧電素子によるバイトの摩耗, 振動を検出	S 55 精機, 春, 前刷 新潟大 藤井他
アコースティック・エミッションによる切削工具の熱亀裂検出法	A E を使用して工具の熱亀裂を検出	S 55 精機, 春, 論文集 京大工 垣野他
アコースティック・エミッションによる工具破損の検出	工具破損時と正常切削時に発生する A E の基本的性質を解析	S 55-3 精機 46-3号 京大工 垣野他
アコースティック・エミッションによる切削工具損傷の検出	断続切削における工具損傷の検出	S 55-7 精機 875 神戸大 岩田他
アコースティック・エミッションによる工具損傷のインプロセス検出	全波整流後にローパスフィルタをかけた A E 信号振幅レベルに着目して, フランク摩耗幅の測定及び欠損の検出	S 56-12, 47-424 号 機学論文集 慶大 三輪他
アコースティック・エミッションによる切削状態の認識	A E センサを被削材側と工具側に取り付け相関関係をみた。	S 58 精機, 春, 論文集 東洋大 上原他
アコースティック・エミッションによるドリル折損のインプロセス検出	A E による小径ドリル(3mm以下使用)折損のインプロセス検出及び装置試作	S 60-12, 51-472 号 機学論文集 慶大 大宮他
アコースティック・エミッションを利用したドリル折損の予知	左と同じ	S 60-7, 51-467 号 機学論文集 慶大 小島他
A E 信号による工具刃先状態の認識	A E センサを用いてバイトの摩耗, 欠損の進行とそれに伴う A E 振幅分布について行っている。	S 61 精機, 秋 講演論文集 大阪大 坂田他

消 費 電 力 関 係

論 文 名	検 出 方 法	年 度 ・ 名 前
電動機負荷特性を利用した切削抵抗分力の測定	三相誘動電機の負荷特性を利用した切削抵抗主分力の測定	S 43-8 精機 職訓大 広田他

論文名	検出方法	年度・名前
電力監視によるフライス加工の状態認識	消費電力を測定	S 52 精機, 春, 前刷 職訓大 塩田他
主軸電動機の電流波形パターンによる工具欠損の検出	直流機を用いた旋盤の主軸電動機の電機子電流から工具の欠損に伴う切削トルクの変化を検出	S 53 精機, 秋, 前刷 東大 松島他
旋削加工用工具異常検出システムの開発 ～送り電波値監視による工具異常の自動検出～	DC モータの電流値と動力計との比較により工具異常を検出	S 55 精機, 春, 論文集 小松製 若井他
モータ負荷比によるバイト欠損検出	主軸 AC モータ電力は電力変換器で検出。 電機子電波はシャント抵抗器で測定。	S 58 精機, 春, 論文集 三菱生産研 井手他

そ の 他

論文名	検出方法	年度・名前
切削仕上げ面あらさのインプロセス測定に関する研究	オートコリメータ光学系とオプチカルファイバ光学系を利用して切削仕上面を評価検出	S 52-10, 43-374 号 機学論文集 機械技研 関口他
ITV 利用によるドリル刃先摩耗の自動測定	ドリル外周コーナ摩耗幅の自動計測に工業用テレビ (ITV) を利用する場合の測定精度について検討	S 53-9, 44-385 号 機学論文集 機械技研 菅野他
主軸回転数変動による切削工具の異常検出	パルスジェネレータを利用して主軸回転数の変化を検出	S 61 精機, 秋 講演論文集 東洋大 高田他

3. 検出器の具備条件

機械加工の場合、熱、振動、切りくず、切削液など数多くの外乱が存在するため、これらの影響を受けずに信頼ある計測を行うためには、いろいろな工夫が必要とする場合が多く、インプロセス計測が実用化されているのは非常に少ない。

機械加工用のセンサとして具備すべき条件は、1)故障が少なく安定した性能を維持するため、構成が単純で取扱い、保守が容易であること、2)加工中に切りくず、切削液、振動、熱などの影響を受けないこと、3)加工プロセスに影響を及ぼしたり、作業の邪魔にならないことなどが上げられる。

4. ドリル加工のインプロセス計測の問題点

ドリルは細くなる程、加工中に折れやすい。その原因として、過大な送りによる座屈、切りくずのから

みつきによる過大トルク,切れ刃の摩耗によるスラスト, トルクの過大,疲労破壊,工作物材質の不均一性による切削力の変化が上げられる。このことから加工中にいつ折れるかを知ることは非常に困難である。

5. まとめ

今後,工具劣化(特にドリルについて)の監視の研究をすすめるために文献調査した結果,消費電力と音を用いた2種類のインプロセス計測によって行うことが有効な方法であるとわかった。また,研究をすすめるにあたり工業技術院機械技術研究所ロボテックス部自律機械課の協力を得たいと考えている。