

転造ダイスの摩耗・チッピング異常を検出する 工程監視システムの開発（第2報）

横山貴広*、横山哲也*

Development of process monitoring system to detect wear and chipping of rolling dies (II)

YOKOYAMA Takahiro* and YOKOYAMA Tetsuya*

本研究は、転造ダイスの異常の主な要因である摩耗・チッピングを検出し、これを作業者に知らせる工程監視システムの構築を目的としている。昨年度は、疑似的なチッピングを再現した環境における AE（Acoustic Emission）センサの特性評価試験を実施した¹⁾。本年度は県内企業の協力を得て、ねじを生産する転造機に AE センサを取り付けて生産機評価試験を実施した。その結果、50kHz 以下の低周波領域における AE 電圧の総スペクトル強度の推移から転造ダイスのチッピング検出が可能であることを確認した。

1 はじめに

転造機に装着した転造ダイスにチッピング・摩耗が発生した状態でねじの生産を継続すると、ねじの寸法精度が悪化し、製品にバリが生じて不良品が発生する。この問題を解決するため、AE センサを用いたねじの転造不良検出の検討が行われている²⁾。

本年度は転造ダイスのチッピング検出を目的として、インバータ搭載型転造機を対象にした生産機評価試験を実施した。チッピング検出に用いる AE センサは高調波信号を取り扱うため、インバータノイズの影響を受ける範囲で測定を行うと正確な測定ができないという問題点を抱えている。この影響を考慮して、システム一式をインバータから距離をとり、低周波領域における AE 電圧の総スペクトル強度の傾向を分析して、転造ダイスのチッピング検出の可能性を検証した。

2 生産機評価試験

図1は生産機評価試験装置の概観、表1は試験条件を示す。共振周波数 150kHz の AE センサを転造ダイスの固定側に取り付け、検出した AE 電圧をコントローラアンプで増幅した後、データロガーで高速フーリエ変換（FFT）を実施して周波数毎の電圧（スペクトル強度）にした。生産機に搭載しているインバータノイズ（数百 kHz の高周波）の影響を低減させるため、50kHz 以下の低周波領域におけるスペクトル強度を積算して総スペクトル強度を算出し、このデータの分析後の結果から、転造ダイスのチッピング検出が可能かどうかの検証をした。

3 結果及び考察

3.1 ミクロ分析とマクロ分析

可動側のダイスにチッピングが発生した際、チッピン

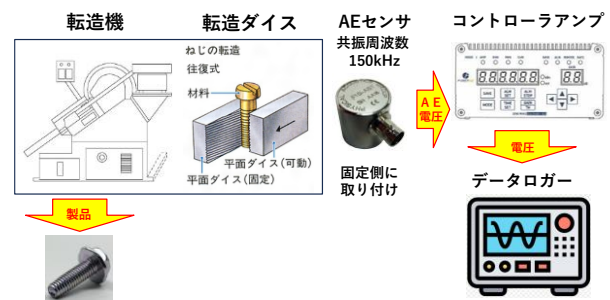


図1 生産機評価試験装置の概要

表1 試験条件

転造ダイス（固定側）	材質：ダイス鋼 長さ:250mm 高さ:55mm 厚み:30mm
転造ダイス（可動側）	材質：ダイス鋼 長さ:230mm 高さ:55mm 厚み:30mm
AE センサ	フィジカルアコースティック株式会社 型式:PK15I 共振周波数150kHz
AE センサ取付箇所	固定側ダイス
測定時間	1転造回数につき1秒間
測定周波数	0～50kHz（直流分を除く）

グによって発生した弾性波は生産するねじを媒介して固定側の AE センサに伝わる。そのため、可動側の転造ダイスが AE 電圧に与える影響は、固定側より小さいことが推測される。このように AE センサが受ける可動側のチッピング信号は小さいため、転造加工 1 回毎の異常検出のみで判定すると、このチッピング検出ができないことがある。しかし、固定側若しくは可動側にチッピングが発生した状態で数百回転造加工を実施した場合、チッピングが生じた転造ダイスの影響のみならず、両転造ダイス全体の影響の積算がねじを媒介して固定側のセンサに伝わる。この積算値の分析・判定を行えば、仮に可動

* 機械部

側の小さいチップングの発生の瞬間を逃しても、チップングが生じたダイスで加工した転造ダイス全体の状態が可視化しやすい。

本報では、上記の問題を考慮して、転造加工1回毎の総スペクトル強度を用いた異常判定をマイクロ分析、500回毎の異常判定をマクロ分析と定義し、両者を併用した転造ダイスのチップング検出について検証した。

3.2 転造ダイスのチップング検出

3.2.1 チップングの発生が多い場合

生産機評価試験を実施した後、チップングが多数発生した転造ダイスの写真を図2に示し、チップングの拡大写真を図3に示す。図2より、固定側にチップングが1箇所、可動側にはチップングが7箇所発生している。転造加工時のAEセンサで取得した低周波領域のスペクトル強度の波形の一例を図4（正常）と図5（異常）に示す。また、この波形からノイズ処理と総スペクトル強度を算出し、前記で定義したマイクロ分析とマクロ分析を図6、図7に示す。

図6のマイクロ分析を概観すると、大きな総スペクトル強度の発生数が多いことが確認できる。さらに、転造回数43,697回目（図6）については、特に大きな総スペクトル強度を示していることからチップングの影響を受けていると推定できる。また、正常（図4）と異常（図5）波形を比較すると、図4は所々にパルス波形が観察されるが、どの周波数帯もほぼ様な電圧分布を示している。他方の図5はチップングの影響によって波形が周波数によって大きくばらつき、電圧の均一性が大きく損なわれていることがわかる。このように、AEスペクトル強度からも、転造加工が正常かどうかの判断が可能である。

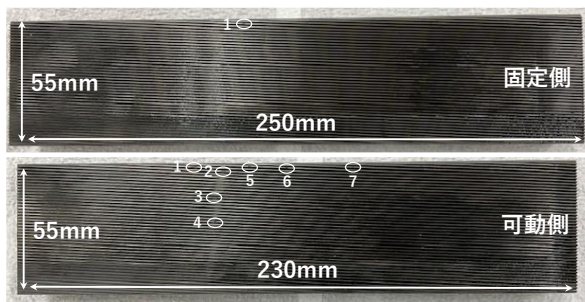


図2 チップングが多い時の転造ダイスの表面

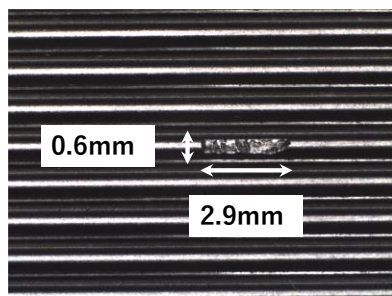


図3 チップングの拡大写真（図2可動側3）

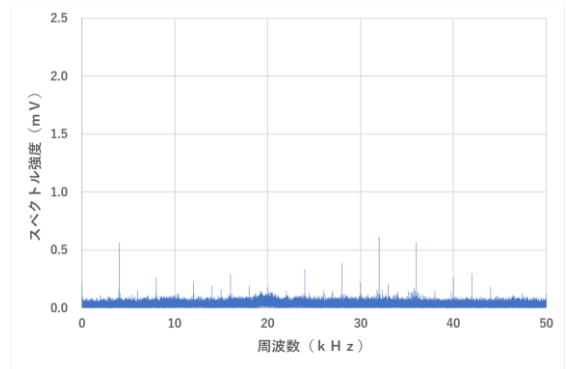


図4 正常な転造加工時のAEスペクトル強度（転造回数10回目）

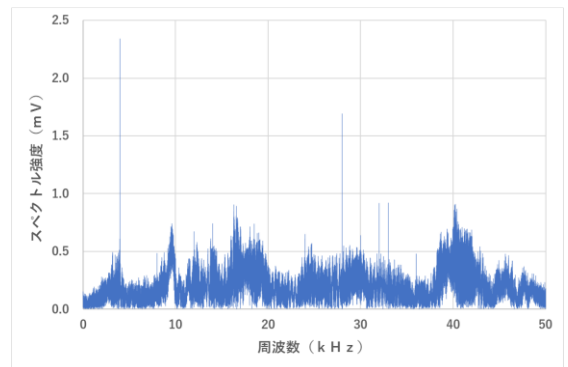


図5 異常な転造加工時のAEスペクトル強度（転造回数43,697回目）

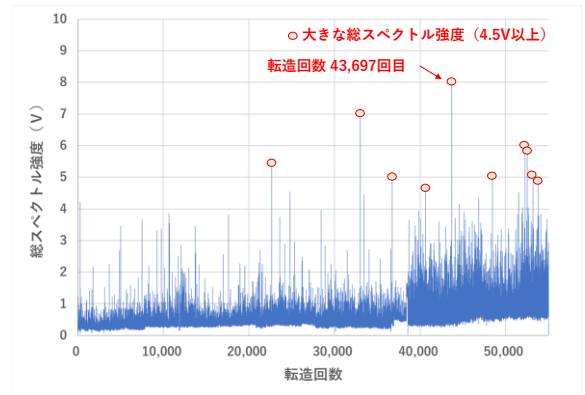


図6 チップングが多い場合のマイクロ分析

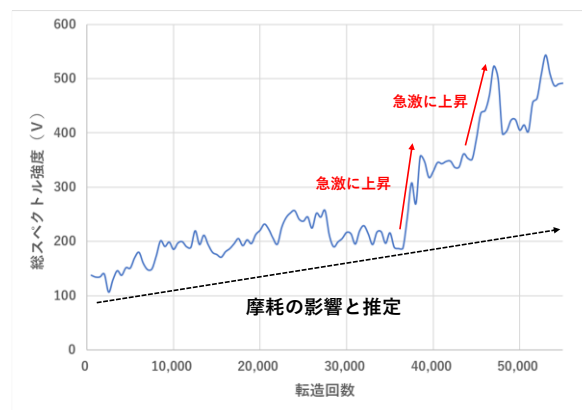


図7 チップングが多い場合のマクロ分析

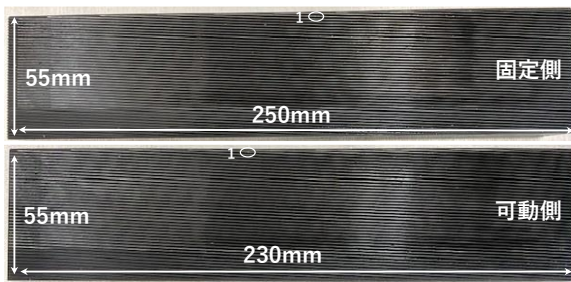


図8 チッピングが少ない時の転造ダイスの表面

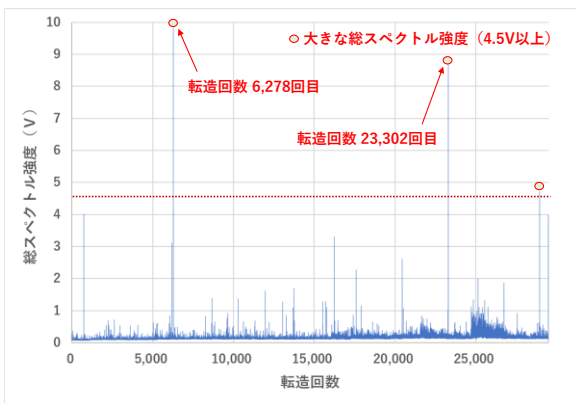


図9 チッピングが少ない場合のマイクロ分析

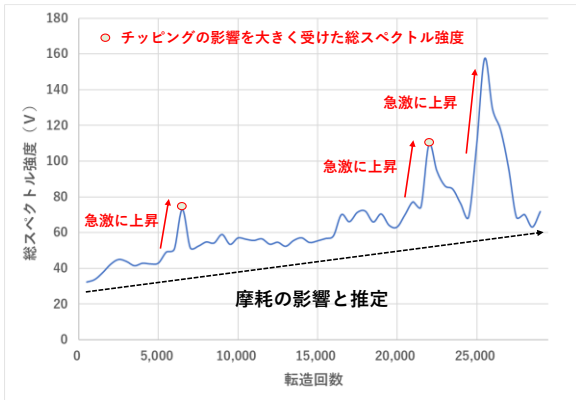


図10 チッピングが少ない場合のマクロ分析

次に、図7のマクロ分析を概観すると、転造回数36,000回と44,000回前後から急激に総スペクトル強度が上昇している。不良品を後工程に流さないことを考慮すると、36,000回を超えたあたりから製品の品質に警戒しながら転造ダイスの交換時期の検討が必要になると思われる。このように、転造ダイスにチッピングが多い場合、マイクロ分析で大きな総スペクトル強度が多数確認され、マクロ分析の総スペクトル強度の電圧値が高い点が特徴である。

3.2.2 チッピングの発生が少ない場合

表面にチッピングの発生が少なかった転造ダイスの写真を図8に示し、マイクロ・マクロ分析を図9、図10に示す。図8より、固定側・可動側ともにチッピングが1箇所ずつ発生していることがわかる。

図9のマイクロ分析を概観すると、図6より大きな総スペクトル強度の発生数が少なく、全体的に総スペクトル強度の電圧値が低い傾向が見られるが、転造回数6,278回目と23,302回目はかなり大きな総スペクトル強度が観測されたことから、チッピングの影響を受けていると思われる。次に、図10のマクロ分析を概観すると、図7と比較して、総スペクトル強度の電圧値が低く推移していることがわかる。また、6,500回、22,000回、さらにその後25,000回付近で総スペクトル強度が急激に上昇している。特に前2つはチッピングの影響を受けていると考えられる。

製造するねじは、転造ダイスの表面を回転しながら加工されるため、1箇所のチッピングの発生が即製品不良とはならない。そのため、チッピングの発生回数が少ない場合の転造ダイスの交換時期は、大きな総スペクトル強度が発生した回数のみならず、強度値や急激に上昇した強度の推移を総合的に考慮して見極める必要がある。

以上のように、転造ダイスにチッピングが少ない場合、マイクロ分析で大きな総スペクトル強度が少なく、チッピングが多い場合より総スペクトル強度の電圧値は低く推移することが主な特徴である。

なお、図7、図10のマクロ分析を概観すると、転造回数の増加に伴い、総スペクトル強度も徐々に増加する傾向が確認された。これは転造加工による転造ダイスの摩耗の影響が現れているのではないかと推定される。

4 まとめ

本年度はチッピング検出を目的とした生産機評価試験を実施した。また、転造ダイスの異常検出を向上させるため、マイクロ・マクロ分析を併用して転造ダイスのチッピング検出能力を検証した。その結果、低周波領域の総スペクトル強度の推移を分析することで、転造ダイスのチッピング検出は可能であることがわかった。

【謝 辞】

本研究の遂行にあたり、生産機評価試験に協力して頂いた株式会社ギフ加藤製作所様に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 横山ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.4, pp5-6,2023
- 2) 平尾ら,徳島県立工業技術センター業務報告(平成23年度),pp30