

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1報）

横山貴広*、佐藤丈士*

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

YOKOYAMA Takahiro*, SATO Joji*

県内の自動車・航空機産業の発展に伴い、特殊ねじの生産が増加している。特殊ねじは、塑性加工条件が厳しい故に、転造機の転造ダイスの寿命が短く、適正な寿命管理が求められている。本研究は、転造ダイスの異常の主要因である摩耗と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。本年度は、AE（Acoustic Emission）センサで捉えにくいチッピングに着目し、疑似的なチッピングを再現した環境におけるAEセンサの特性を把握する基礎評価試験を実施した。

1. はじめに

ねじを生産する転造機の転造ダイスの寿命を左右する主要因として摩耗・チッピングが存在する。摩耗は転造加工数が増加するほどダイスの広範囲に生じ、さらに被成形材は加工中に摩耗の影響を受けつつけているため、AEセンサでその影響が捉えやすい。一方のチッピングは、発生時間が短く、加工面全体に占める面積が小さいため、AE電圧波形が微小であり、その現象が捉えにくい問題点が存在する。そのため、チッピングの検出には、あらかじめセンサの特徴や取付位置を詳細に検証しておく必要がある。本年度はチッピングの検出を念頭に、軽量のピンの自由落下で疑似的なチッピングを再現し、この現象が捉えやすいAEセンサの最適な位置を検証する基礎評価試験を実施した。

2. 基礎評価試験

図1は基礎評価試験装置の概観、表1は試験条件を示す。試験は転造ダイスに1.5mmの高さからピンを自由落下（疑似的なチッピングを再現）させ、ダイスに取付けた2つのAEセンサの電圧波形（図2）の実効値から比率を求めて、微小な衝撃が捉えやすいセンサの位置を検証した。AEセンサの位置は、転造ダイスの側面・背面の各3箇所、合計6箇所から任意の2箇所に設置し、ピンは縦（高さ方向）20mm、横（長さ方向）30mm間隔でダイスの加工面15箇所に落下させた（図3）。ピンの衝撃による弾性波の正確な測定には、弾性波とダイスの端面で反射した反射波の干渉の影響を少なくするため、ダイスの周囲を金属で囲って対応した。

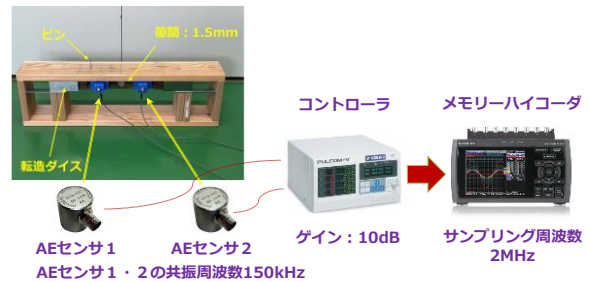


図1 基礎評価試験装置の概観

表1 試験条件

| | |
|-------|--|
| 転造ダイス | 材質：ダイス鋼 長さ：250mm 高さ：55mm 厚み：30mm |
| ピン | 材質：ダイス鋼 直径：φ2mm 重さ：1.1g |
| AEセンサ | フィジカルアコースティック株式会社 型式：PK15I |
| 測定箇所 | 転造ダイスの側面3箇所・背面3箇所から任意の2箇所に設置（図3） |
| 測定時間 | 0～1msec |
| 計算方法 | 各条件で試験を10回実施し、2つのセンサのAE電圧波形の実効値を算出。外れ値の影響を抑えるため、大・小の実効値のデータを2つずつ削除し、残ったデータの平均値を算出し、センサの比率を求めた。 |

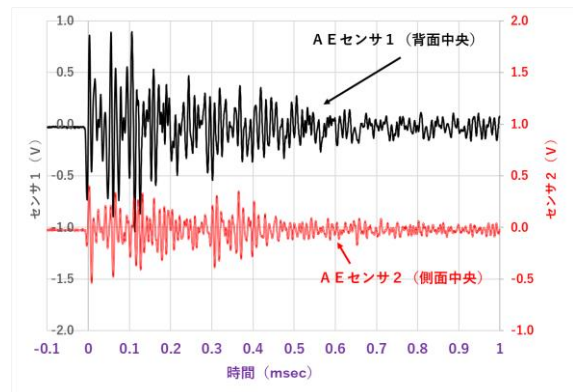


図2 AE電圧波形

* 機械部

3. 結果及び考察

3.1 センサの取付位置について

表2に基礎評価試験の試験結果を示す。この数値が大きいほど、センサ1のAE電圧波形が相対的に大きいことを表している。まず、2つのセンサを背面（左右）と側面（左右）のように対称に設置した場合、ピンの落下位置がセンサの取付け正面以外は比率がほぼ1に近い。これは、転造ダイスの加工面の範囲内では、ピンの落下位置とセンサ間の距離に関係なくAE電圧波形の大きさがあまり変わらないことを意味する。すなわち、センサの検出感度は背面若しくは側面の位置にあまり関係ないことを示している。ただし、落下位置が7~9のような側面（左）の取付面の正面では比率が高い。これはAEセンサの感度の指向性に関係がある（3.2を参照）。

次に、2つのセンサを背面と側面に設置した場合、ピンの落下位置に関わりなく、比率が1より大きい（例外はセンサが中央の場合の落下位置1）。これは、衝撃力を直接受ける方向にAEセンサの取付面を向けた方が、感度が高いことを意味している。よって、チップングの検出には、転造加工の力を直接受けるダイスの背面にAEセンサを取付けた方が最適であると考えられる。

3.2 センサの指向性について

2つのセンサを側面（左）と側面（中央）に取付けた場合、ピンの落下位置が1~3の場合には比率が小さく、7~9の場合には比率が大きい（表2右端）。これは位置が1~3ではセンサ2の正面、7~9はセンサ1の正面で衝撃弾性波が発生したためである。当初、センサの感度は取付面から半球状の方向に距離が長くなるほど減衰すると予想していたが、この結果からAEセンサは取付面の正面に感度が良好な指向性を有している（図4）。よって、AEセンサの取付面の正面でチップングが発生した場合、検出感度が高いと予想される。

3.3 最適なセンサの取付位置について

転造ダイスのチップングの発生箇所は、概ね加工によって被成形材が伸びる先端付近であることが知られている。基礎評価試験の結果を考慮すると、図5のようにAEセンサはチップングが発生すると予想される場所の背面に取付けることが最適だと考えられる。

4. まとめ

本年度はチップングの検出を想定した基礎評価試験を実施した。その結果、以下の知見を得た。

- AEセンサの取付面の正面は感度が良好である。
- AEセンサを転造ダイスの背面に取付けた方がチップングの検出感度が高く、発生しやすい場所の背面中央付近が最適なセンサの取付位置であると考えられる。

【謝 辞】

本研究の遂行にあたり、試験用転造ダイスを提供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。

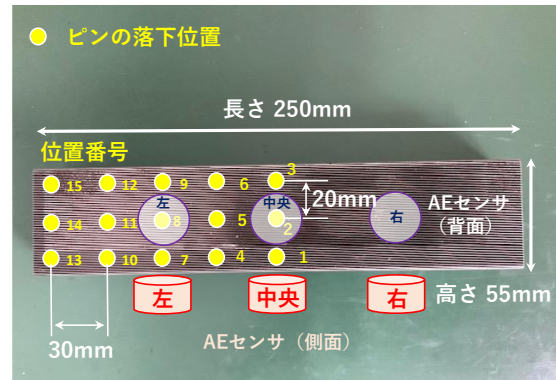


図3 AEセンサの取付位置とピンの落下位置

表2 基礎評価試験の試験結果

| 位置 | センサ1 | 背面(左) | 側面(左) | 背面(中央) | 背面(右) | 側面(右) |
|----|------|-------|-------|--------|-------|--------|
| | センサ2 | 背面(右) | 側面(右) | 側面(中央) | 側面(左) | 側面(中央) |
| 1 | 1.07 | 1.08 | 0.96 | 1.53 | 0.62 | |
| 2 | 0.93 | 1.05 | 1.76 | 1.39 | 0.87 | |
| 3 | 1.01 | 1.10 | 1.20 | 1.57 | 0.62 | |
| 4 | 1.04 | 1.10 | 1.35 | 1.47 | 0.99 | |
| 5 | 0.96 | 0.99 | 1.41 | 1.31 | 0.94 | |
| 6 | 1.10 | 1.00 | 1.14 | 1.30 | 0.87 | |
| 7 | 1.04 | 1.27 | 1.13 | 1.34 | 1.44 | |
| 8 | 1.13 | 1.25 | 1.39 | 1.49 | 1.23 | |
| 9 | 0.98 | 1.23 | 1.27 | 1.09 | 1.41 | |
| 10 | 0.96 | 1.24 | 1.29 | 1.34 | 1.03 | |
| 11 | 1.05 | 1.16 | 1.18 | 1.27 | 1.00 | |
| 12 | 0.96 | 1.22 | 1.36 | 1.56 | 1.15 | |
| 13 | 1.17 | 1.07 | 1.31 | 1.33 | 1.13 | |
| 14 | 0.90 | 0.99 | 1.36 | 1.36 | 1.09 | |
| 15 | 1.04 | 1.20 | 1.28 | 1.28 | 1.13 | |

*数値：比率（センサ1のAE電圧波形の実効値/センサ2のAE電圧波形の実効値）

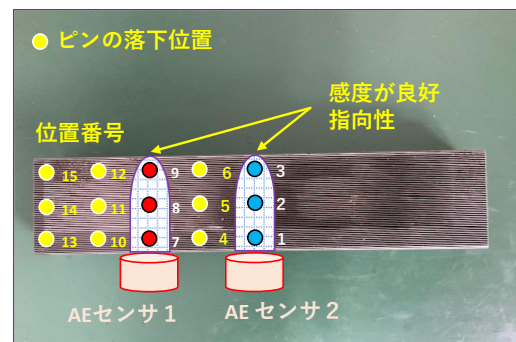


図4 センサの指向性

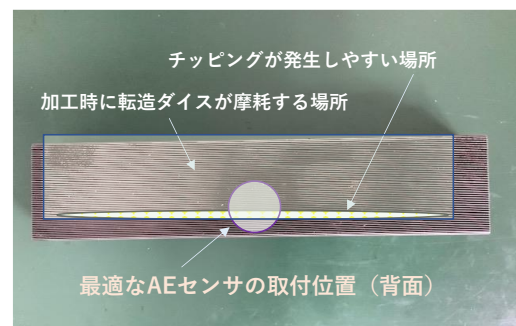


図5 最適なセンサの取付位置