

AEによる金型工具摩耗の評価

西本重人*

新家昇**

*日本フィジカルアコースティクス株式会社

**関西大学

キーワード: 金型, ばり, 摩耗, 工具, 保全

The evaluation of the tool abrasion in the press equipment by AE.

Shigeto Nshimoto* Noboru Shinke**

*Nippon Physical Acoustics LTD

**Kansai University

Abstract

When a punch is worn away, the uninjected scrap occurs in the punch press. When the uninjective scrap occurs, it can't get a fixed dimension. We evaluate AE which occurs by the tool abrasion progress. A result is shown in the following. 1) When uninjective scrap is formed, AE occurs right after the rupture. 2) The amplitude of AE increases caused by the abrasion progress. But when the abrasion progresses more, the increase in the amplitude of AE stops. This timing corresponds to the time of the experiential tool exchange. 3) The energy of AE increases caused by the abrasion progress. 4) There is correlation in the rupture area and the energy of AE. 5) Energy doesn't take an influence in the processing condition. We made a device based on the above knowledge. This device was installed for the actual press equipment. Then the occurrence of uninjective scrap could be detected precisely

Key Words : Press , Uninjective scrap , Abrasive , Tool , Preservation

1. 緒言

金型加工は、切削加工などの加工法と比較して加工速度が速く、大量生産に向くことから、自動車や家電業界をはじめ、あらゆる分野で使用されている。しかし、その反面、金型は構造が複雑であるために、金型を構成するパンチやダイの摩耗を稼動中に判断することは困難である。また、さらに、その高速加工性により、いったんパンチやダイに異常が発生すると大量に不良品が発生する。現在、金型異常の検出方法としては、加工後の製品の抜き取り検査や金型を定期的に交換する方法などが行われている。しかし、上記の方法では、突発的な金型の損傷により発生する不良品を防止することは困難である。さらに定期的な金型の交換は、金型コストの増大、段取り替えによるラインの停止な

ど、生産コストの上昇の大きな原因となっていることから、パンチやダイの異常を的確に評価する技術の開発が望まれている。

金型の異常としては、主に 1) 工具の摩耗によるバリの発生 2) 工具の折損 3) 異物混入による圧痕などをあげることができるが、不良発生の原因としてもっと影響の大きいのは 1) のバリの発生である¹⁾。そこで、本報ではパンチあるいはダイの摩耗によるバリの発生の評価に AE 法の適用を試み、その結果、バリの発生により放出される AE の特徴を明らかにするとともに、上記知見を実際のプレス設備に適用し、バリの早期検出に良好な結果を得たので報告する。

2. 基礎試験

2.1 試験装置

実機のプレス装置は、通常はパンチやダイが複数設置され、さらに構造も複雑である。したがって、発生するAEの挙動も複雑であると考えられる。そこで、Fig.1 に示すように、パンチを1本とした打ち抜き金型を使用することによりAEの発生を単純化し、パンチ摩耗によるばり発生時のAE挙動を検討することにした。

試験条件をTable 1に示す。パンチおよびダイの材質は、一般的によく使用される工具鋼を使用し、形状は丸とした。また、加工速度は厚み2mm前後の製品の打ち抜き加工を行う場合の標準的な加工速度である1m/sに設定した²⁾。パンチの形状と加工速度については、別途条件を変更して影響を検討した。試料は、厚さ2mmのS45Cのコイル材を使用し連続加工した。なお、本試験では、摩耗の進行を促進することと、さらに加工条件を一定にするために加工油は使用しなかった。

2.2 計測装置

使用した計測システムをFig.2に示す。打ち抜き加工では、打ち抜き加工時に発生する製品のそりを防止するために、ストリッパと呼ばれる機構により製品を固定する。このストリッパによる試料固定時に振幅の大きなAEが発生し、さらに固定を解除する場合にもAEが発生して、大きなノイズ源となる。また、試料の送りにおいても、金型表面を試料が接触して移動するために大量のAEの発生が懸念される。上記のAEと加工時に発生するAEを弁別するための手段として種々の方法が考えられるが、本試験では、プレス機から加工信号(カム信号)をAE装置に入力し、これをトリガ信号として打ち抜き加工時のタイミングで発生するAEだけを検出するようにした。

AEセンサの設置に関しては、パンチやダイに直接センサを取り付けることは困難であるので、Fig.1に示すダイセットの静止部の位置に、専用の取り付け治具で取り付けた。実際の金型へAEセンサを設置する場合においても、金型交換時の段取り等の容易さを考えると、上記の位置が最適であると考えられる。

計測条件をTable 2に示す。加工時の衝撃や振動を除去するためにハイパスフィルタを100kHzとして計測した³⁾。また、AEセンサは、共振型のAEセンサを使用すると発生するAEの振幅が大きくてプリアンプの入力部でオーバーレンジを生じた。そこで、感度の比較的低い、広帯域型のAEセンサを使用して計測した。

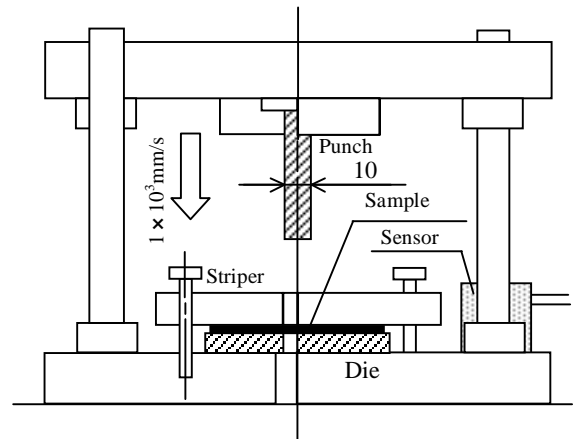
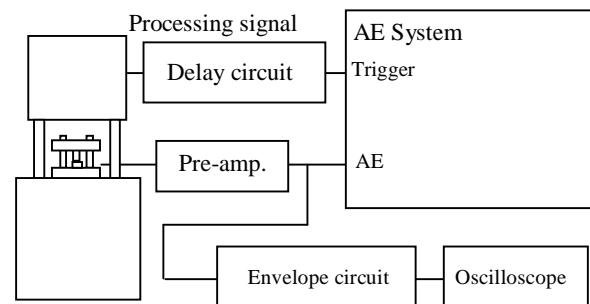


Fig.1 Test equipment.

Table 1 Test condition.

Item	Condition
Punch	Material: Tool steel
	Form: 10mm
Die	Material: Tool steel Diameter: 10mm
Processing speed	1m/sec
Feed speed	1feed/s
Sample	S45C
	Form: t=2mm x 30mm



- AE System: DiSP
- AE Sensor: WD
Nippon Physical Acoustics LTD.

Fig.2 Measuring system

Table 2 Measuring condition

Item	Condition
HPF	100kHz
LPF	1200kHz
AE Sensor	Broad-band type
Sampling time	2MHz
Pre-amplifier	40dB
Time fixed number	100 μs

3. 試験結果

3.1 基本特性

打ち抜き加工中に発生したAEの抱絡線検波波形をFig.3に示す。a)が加工開始時の波形を示し b)は1600回打ち抜いた時の波形形状を示す。打ち抜き加工は、1)パンチの試料への接触 2)パンチの接触部の塑性変形 3)せん断破壊 4)破断 という過程で進行する。加工のタイミングから判断して、A部は上記1)のパンチが製品に接触して発生したAEと考えられ、B部が破断により発生したAEと考えられる。加工数1600個でバリの発生が確認され、波形形状には、C部に变化が認められた。パンチが摩耗すると破断が生じるのが遅くなり、パンチとダイの間に巻き込んだ材料がバリとなって現れる⁴⁾。これをAEの現象として考えると、Fig.4に示すように、巻き込んだ材料をパンチとダイが接触しながら移動するので、バリが発生すると連続的にAEが発生するのではないかと考えられる。

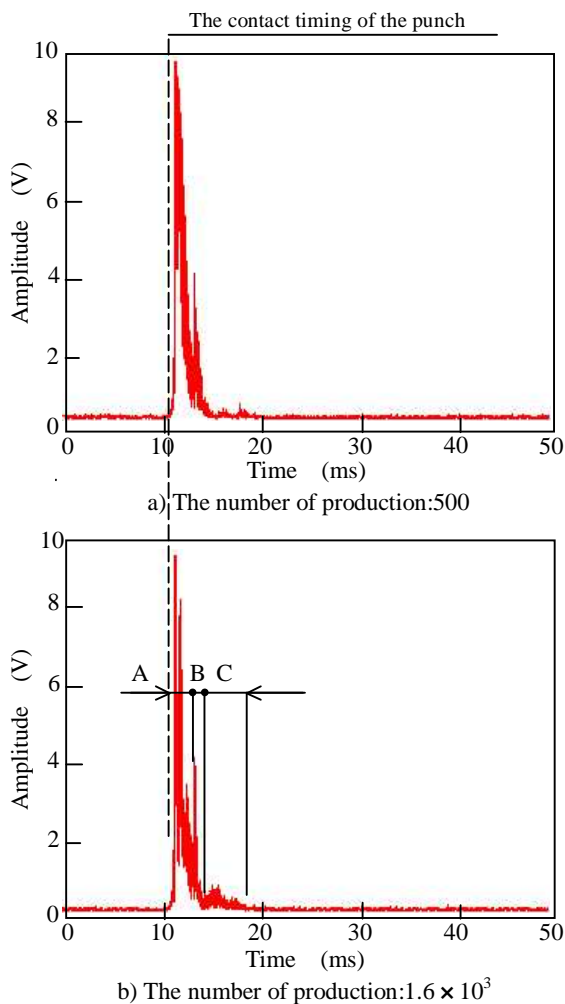


Fig.3 Change the wave shape

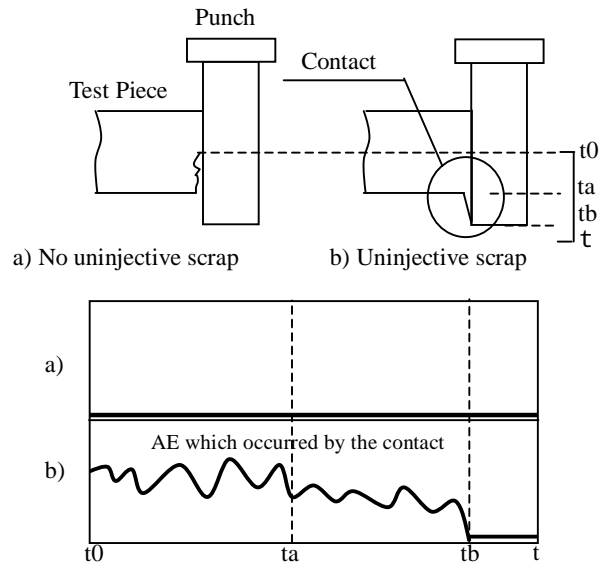


Fig.4 AE occurrence mechanism.

Fig.5に生産数とC部のAEの最大振幅との関係を示す。生産数の増加に伴い振幅の上昇が観察されたが、生産数が一定量を超すとその増加は停止した。この増加の停止時期は、従来から経験的にパンチを交換していた時期と一致した。これは、AEの振幅を評価することにより、従来は経験的に行っていたパンチの交換を、経験を必要とせず実施できることを示す。しかし、図中にバリの発生時期を示すが、バリが発生してもバリの大きさとの相関は認められなかった。

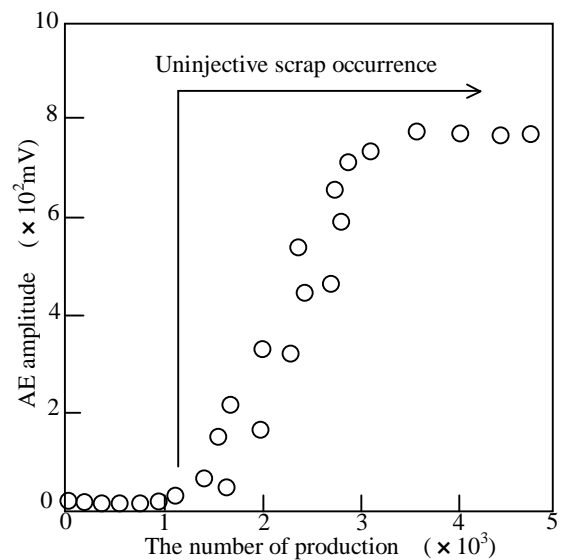


Fig.5 Relations between amplitude and number of production

破断距離と上記C部で発生したAEのエネルギーの関係を Fig.6 に示す。パンチが摩耗して破断距離が短くなり、さらにバリが発生すると、AEのエネルギーが急激に大きくなった。

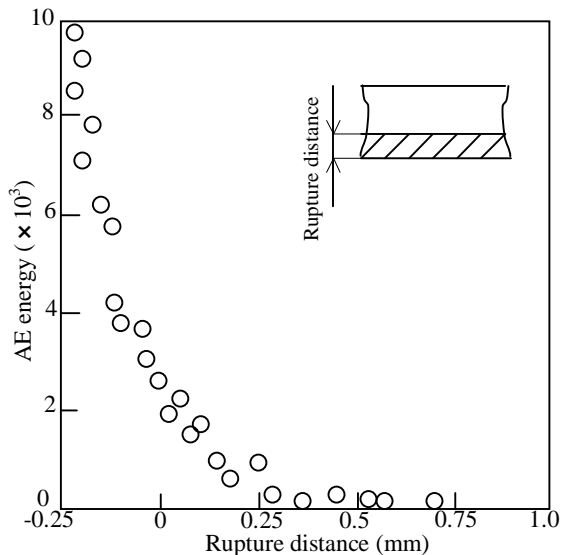


Fig.6 Relations about the rupture distance and the energy

上述のように、材料の巻き込みによりAEが発生すると考えると、バリが大きくなると巻き込んだ材料とパンチあるいはダイとの接触時間が長くなると考えられる。したがって、AEの発生時間もこれに相関して大きくなりエネルギーの総量が増大するものと考えられる。

3.2 加工条件の影響

上記のように、バリの発生とAEのエネルギーに相関が認められた。そこで、発生するAEのエネルギーに対する加工条件の影響を考察し、実機への適用の可能性を検討した。

3.2.1 加工速度の影響

まず、発生するAEのエネルギーに対する加工速度の影響を検討した。Fig.7 に加工速度と発生したAEのエネルギーの関係を示す。本図は加工速度100mm/sで1600個加工し、バリの発生を確認した後に加工速度を変化させてAEを計測したものである。加工速度が増加すると、発生するAEのエネルギーが小さくなり、さらにばらつきも小さくなるのが認められた。これは、加工速度が速くなると、パンチとバリの接触時間が短くなり、これに伴いAEの発生時間が短くなって、エネルギー量としては低下したものと考えられる。

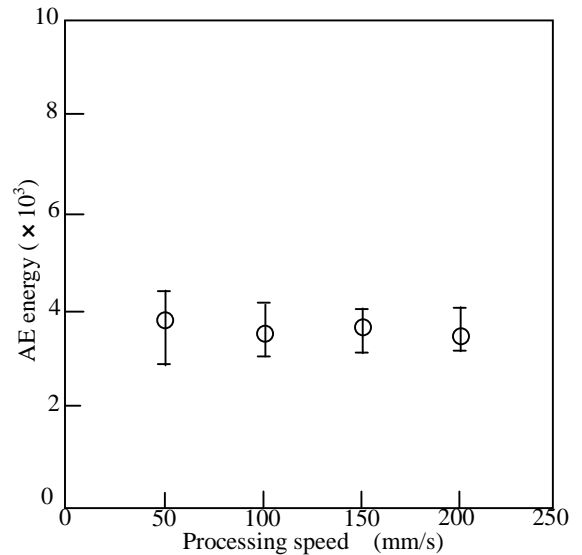


Fig.7 Relations about processing speed and energy

3.2.2 パンチ形状の影響

次に、パンチの形状の影響を検討した。パンチの形状としては、パンチの基本となる、丸、正三角形、正方形の3種類を検討した。なお、大きさは丸を10mmとして、正三角形、正方形は、丸と接触面積が同一となるように加工した。Fig.8 に、発生するAEのエネルギーに対するパンチの形状の影響を示す。パンチの形状が変化しても、大きなエネルギーの変化は認められない。発生するAEが、パンチとバリの接触により発生すると考えると、接触面積が同じであるので、発生するAEはパンチの形状には影響を受けず、バリの大きさだけに関係するものと考えられる。

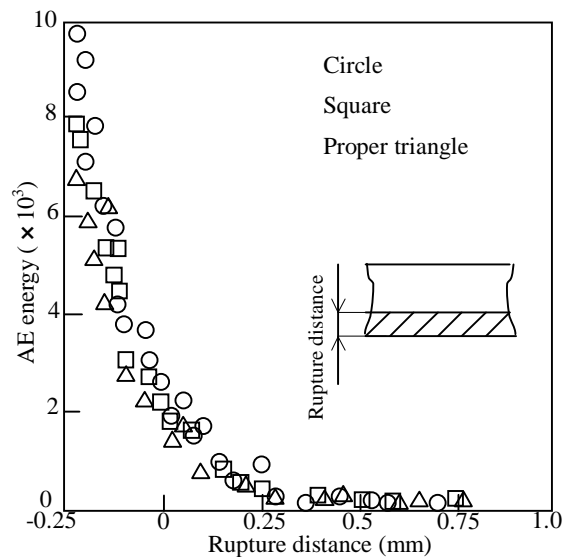


Fig.8 Relations about punch forms and energy

3.2.3 パンチの大きさの影響

発生するAEのエネルギーに対するパンチの大きさの影響を検討した。Fig.9 に発生するAEのエネルギーに対するパンチの大きさの影響を示す。パンチの大きさが異なっても、発生するAEのエネルギーに変化は認められない。パンチの大きさが大きくなり、発生するAEの総量が多くなっても、観察されるAEのエネルギーは、もっとも大きなAE、すなわち最大のバリにより発生したAEに支配されるものと考えられる。

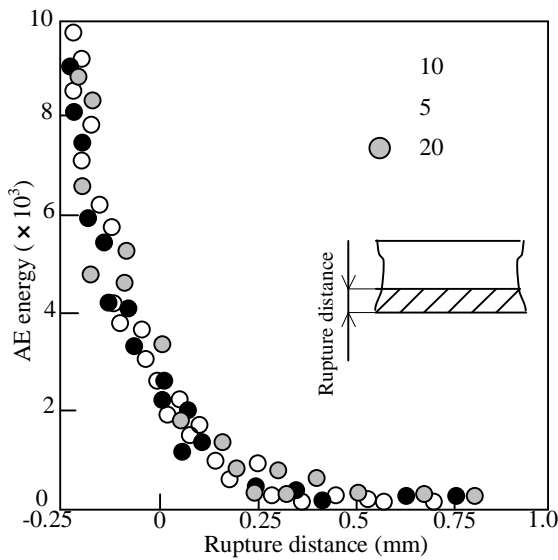


Fig.9 Relations about punch forms and energy

4. 実機への応用

本研究結果をもとに、打ち抜き加工におけるバリの評価装置を開発した。Fig. 10 に開発したバリ評価装置のブロック図を、Fig. 11 に各部の信号出力タイミングを示す。金型から検出したAEは、プリアンプで増幅した後、HPF(ハイパスフィルタ)およびLPF(ローパスフィルタ)で周波数的にノイズをカットし、検波回路で包絡線検波する。また、バリ発生タイミングで発生するAEだけを評価できるように、プレス機からの加工信号を遅延回路とパルサー回路で加工し、バリ発生タイミング信号を作成する。ゲート回路では、上記のタイミング信号が発生した時にだけ包絡線検波波形を通過させる。すなわち、バリ発生タイミングで発生したAEだけを通過させる。エネルギー回路では、発生したAEのエネルギーを算出し比較回路にエネルギー量に比例した信号を出力する。比較回路では、あらかじめ設定した判断値と比較して、所定量以上のエネルギーが発

生すると、警報信号を出力する。

本装置を2000tonの打ち抜きプレス(パンチ数:4本、加工能力:50個/s、材質:S45C相当、厚み:3.5mm)に適応した結果、所定のバリの発生を検知して、警報を出力することができた。

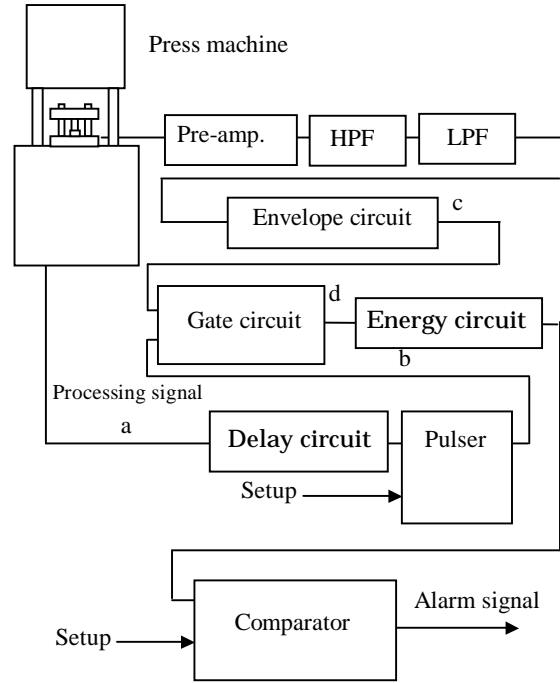


Fig.10 The block diagram of the system

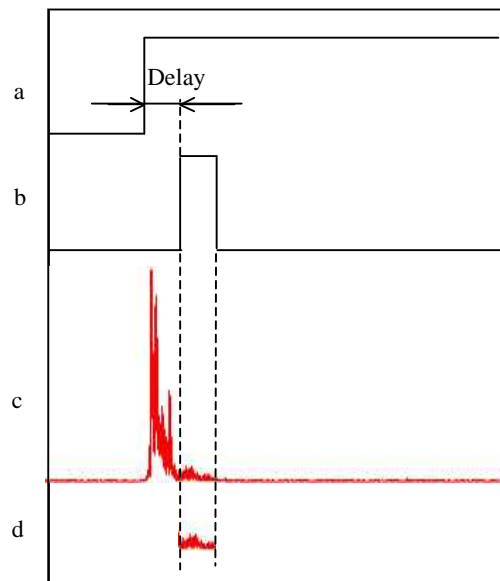


Fig.11 Signal

5. 結言

打ち抜き加工におけるバリ発生の評価をA E法により試みた。その結果、下記が明らかになった。

- 1) バリが発生すると、破断直後のタイミングで連続してA Eが発生する。
- 2) A Eの振幅は生産数の増加とともに増大し、一定量を超すとその増加は停止する。この増加の停止時期は、従来からのパンチ交換時期と一致する。
- 3) バリの大きさとA Eのエネルギーに相関が認められる。
- 4) バリにより発生したA Eのエネルギーは、加工速度、パンチの形状、パンチの大きさなど加工条件に影響を受けない。
- 5) 上記知見をもとに、バリ検知装置を開発し、実機に適用した結果、所定のバリの発生を検知することができた。

打ち抜き加工における、バリの検知は、金型加工の大きな課題であったが、本知見によりバリ発生を早期に検知することができるので、バリによる不良品の防止、パンチの交換による設備停止時期の短縮、パンチ交換費用の削減など、大きな効果が期待できる。

また、本報では打ち抜き加工について報告を行ったが、A Eの発生原理を考えると、バリの発生する加工、例えば線材加工など、さまざまなせん断加工へ応用することが可能であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 京利工業金型技術グループ：知りたいプレス金型, ジャパンマシニスト, pp.23-25, (1981)
- 2) 橋本明：プレス加工ハンドブック, 日刊工業新聞社, pp.56-88, (1982)
- 3) 西本重人、今中拓一、長田清、服部常一：A E法による金型劣化評価技術の開発, 第11回アコースティックエミッション総合コンファレンス論文集, pp.195-198, (1997)
- 4) 高橋幸雄：プレス打ち抜きと型設計, 日刊工業新聞社, pp.36-102, (1981)