

衝撃加工と数値解析について

田中 茂¹⁾, 外本 和幸²⁾, 伊東 繁²⁾

¹⁾ 熊本大学工学部技術部 生産構造技術系

²⁾ 熊本大学衝撃・極限環境研究センター

1. はじめに

アルミニウムの耐磨耗性や熱特性の改良を目的として、熱特性に優れるダイヤモンド粒子をアルミニウム板の外部から高速で打ち込む実験を試みた。実験で回収された試料は、断面観察、摩耗試験、熱特性試験、X線回折、酸処理によるダイヤモンド打ち込み量の調査が行われた。現象のメカニズムを明らかにするために、動的解析ソフト Ls-Dyna による数値解析も行われた。

2. 実験

実験に用いられた装置の模式図を Fig.1 に示す。Fig.1 に示す様に試料と爆薬を平行に設置し、爆薬の爆発により発生する水中衝撃波を試料に負荷した。試料は、2枚のアルミニウム板とダイヤモンド、シリコンシールによって構成されており、上方のアルミニウム板は水中衝撃波を負荷されると、高速で飛翔しダイヤモンドに衝突する仕組みになっている。また、爆薬と試料との距離を変化させることによって、作用圧力をコントロールする事が出来る。

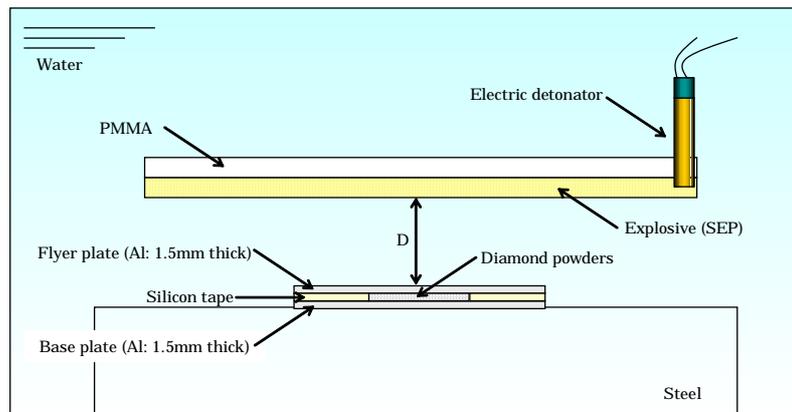


Fig. 1 Schematic illustration of method for processing using underwater shock wave.

3. 数値解析

数値解析に用いた PC のスペックは、pentium4, 2.66GHz, 2G であり、これに動的数値解析ソフト Ls-dyna をインストールしている。作用圧力や飛翔速度の計算には、ラグランジュ法、大変形を伴う計算には SPH(1)法を用いた。爆薬には JWL 状態方程式を、水やアルミニウムには Mie-Grüneisen 状態方程式を用いた。

4. 実験及び数値解析結果

(1) Al-diamond 複合化実験

実験後回収された試料の断面顕微鏡写真を Fig.2 に示す。表面近傍には、打ち込まれた diamond 粒子が多く存在している事が分かる。粒子の打ち込み現象を明らかにするために、簡略化した 3 種類の数値解析モデルを作成し数値解析を行った。モデルは、Flyer plat, Diamond, Base plate によって構成され、

初期条件として Flyer plate に 500m/s の速度を与えて Diamond 及び Base plate に衝突させた。この解析には、SPH 法が採用された。Fig.3 に解析結果を示すが、上方にある粒子は下方にある粒子におされ Flyer plate に打ち込まれている様子が確認された。また、3つの粒子を用いた解析結果では、2つの粒子が Flyer plate 側へ、1つの粒子は Base plate 側へ打ち込まれる結果となった。実験後回収された Flyer, Base 両方の板を王水によって溶かし、浸透した Diamond の量を測定した結果、Flyer plate へ浸透した Diamond の方が Base plate よりも多いという結果が得られた。これは、数値解析の結果と一致している。

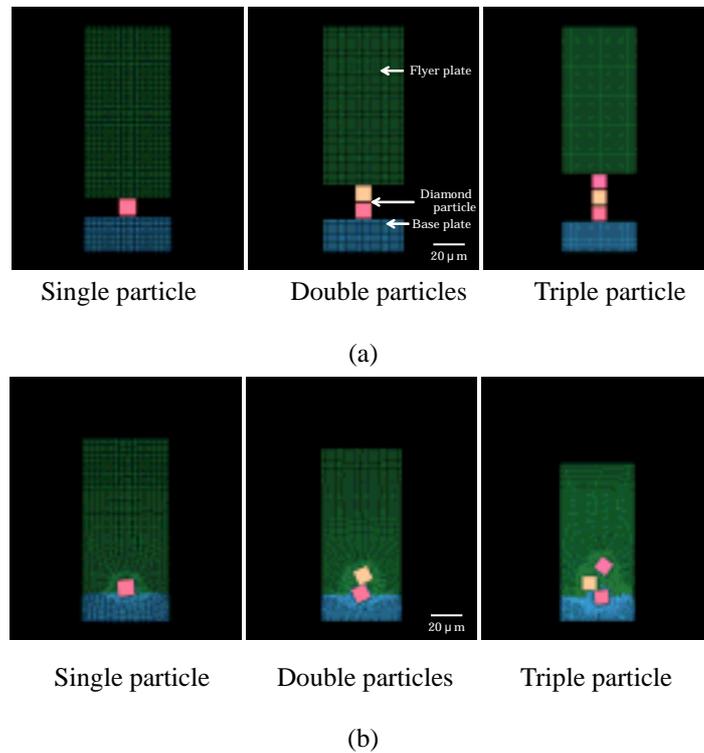


Fig.4 Simplified numerical simulation of penetration of single to triple particle into flyer and base aluminum plate. (a) and (b) show before and after of simulation.

5. 最後に

衝撃加工は、数十 μs の間にそのプロセスが終了するものであるため、現象の観察は非常に困難な場合が多い。また、確認しようとする対象が非常に小さい場合、その観察は不可能である。今回、PC の性能を考慮して、モデルを極力簡素化し解析を行ったが、実験結果と一致する解析結果を得る事ができた。

6. 参考文献

(1) High velocity impact of metal sphere on thin metallic plates:A comparative smooth particle hydrodynamics study, Vishal Mehra, Shashank Chaturvedi, Journal of Computational Physics 212 (2006) 318–337