P39 ガラス容器の水中衝撃波による粉碎に関する実験的研究

Experimental study on Smashing Technique of Glass Container by Underwater Shock Wave

正 坂本 英俊 (熊大工) 正 河邊 真二郎 ○ 姫野 政弘 (熊大院)

学 佐藤 和幸 正 伊東 繁 (熊大 衝撃・極限環境センター)

Hidetoshi SAKAMOTO, Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami Kumamoto

Shinjiro KAWABE, Masahiro HIMENO, Kazuyuki SATOH and Shigeru ITOH

1. 緒言

今日、ガラス製のボトル容器は水・アルコール飲料および薬品の容器として大量に使用されている。これらのガラス容器はある回数洗浄再使用され、その後、洗浄・破碎し、溶かして再生可能な“カレット”と呼ばれるガラス再生原料が生成される。このようにガラス容器のリサイクルには溶かす、溶かさないに関わらず安全性の面から容器内部の洗浄を必要とするが、容器形状・内容物が多種にわたるため、洗浄作業は手間とコストを要し、自動化の困難な作業となっている。そのため、現在の破碎技術利用では再生コストがかかり、その利用率は 74% にとどまっており、薬品の容器等はその安全面から破碎後あるいは破碎されずにそのままの状態で埋め立てごみとして破棄されるものも少なくない。

そこで、本研究では破碎し、溶かして再生するリサイクル過程に着目し、“カレット”生成コストの削減と破碎、洗浄作業の簡素化を同時に解決する水中衝撃波を用いた破碎手法の検討を行った。

この手法は従来の大規模な粉碎機に比べて、1) 設備コストが低いこと、2) 水中(あるいは洗浄液中)で行うため粉塵が外部に飛散せず、かつ破碎物をほぼ完全に回収できる、3) 破碎前の洗浄が不要で、破碎後完全に洗浄可能である(薬品容器にも適用可能)、4) 破碎・洗浄が連続的に行える、などの利点を有する。

そこで、本手法の実用化を進めるために水中衝撃破の強さと生成されるカレット粒径との関係、水中衝撃波による破壊解析を行い、ガラス容器の衝撃破壊挙動について検討を行った。

2. 実験方法

本実験は水を満たした容器内に置かれたガラス瓶に爆薬による衝撃波を与え、破碎試料を回収し定量測定を行った。

供試材として個体差が出ないように一般的なビール瓶を用いた。爆薬は導爆線(日本カーリット(株)製、爆速 6308m/s)を使用し、電気雷管で起爆させ水中衝撃波を負荷した。図 1,2 に本研究に用いた実験装置の模式図示す。

ガラス瓶を水槽の中に固定し、長さ 350mm の導爆線及び球状爆薬を Fig.1(a),(b)のように配置した。実験条件として、衝撃波圧力強さのガラス瓶の破壊粒径に及ぼす影響を見るために、瓶と導爆線の距離 l を変化させ破壊実験を行った。瓶と導爆線の距離 l は 100mm、及び 10~50mm

までを 10mm の間隔で変化させた。ガラス瓶の本数は 1~4 本までで、配置を変えて行った。

3. 実験条件

実験条件として、ガラス瓶の中の状態と爆薬の種類、形状、ピンの配置、ピンの本数を Table 1 に示すように、A~I の 9 パターンに分けて実験を行った。

条件 A~C では距離 l を 40mm、導爆線を 1~3 本、爆薬形状は球状で、ピンの内部状態は中空という条件で行った。また実験条件 D~F は距離 l を 30mm で固定して、ピンの本数を 1,2,3 本の 3 パターンで実験を行った。条件 G~I は距離 l を 40mm、瓶の中を中空、爆薬形状を球状と棒状に分けて実験を行った。

Fig.1 Scheme of experimental apparatus (Stick)

Fig.2 Scheme of experimental apparatus (Sphere)

Tabke1 Experimental conditions

	Number of explosive			Series arrangement			Arrangement on concentric circle			Number of explosive		
Shape of explosive	Stick						Sphere					
Inside of a bottle	Air									Water		
Kinad of a explosive	PETN											
explosive	1	2	3	1			1					
Number of bottle	1			1	2	3	4			1		
Conditions	A	B	C	D	E	F	G			H	I	

4. 結果及び考察

まず爆薬量の違いにおけるカレット粒径への影響について述べる。爆薬とピンの距離は40mmで、爆薬量の違いによるカレットの粒度分布は図3のようになっている。この図より、爆薬の本数が多いほどカレットをより微細化できることが分かった。

Fig.3 Cullet size distribution of number of explosive

Fig.4 Arrangement of glass bottle

(a) series arrangement, (b) circle arrangement

次に供試材の複数本配置の結果を述べる。図4(a)に直列配置の様子を示す。この場合ピンと爆薬の距離は30mmで、2本配置及び3本配置におけるカレットの粒

度分布のグラフを図5に示す。この図よりピンの本数が多いほどカレットの微細化率が悪くなる。

Fig.5 Cullet size distribution in series arrangement

供試材を同心円状に配置した場合（図4(b)）の結果を図6に示す。この場合、爆薬と供試材の距離は40mmである。図より、同心円状に配置した場合は1本の場合と差があまり見られず、効率よく微細化できることが分かった。

Fig.6 Cullet size distribution in concentric circle arrangement

水中衝撃波による供試材の破壊の様子を IMECOM 468 とキセノンフラッシュライトを用いて可視化した。図7がピンの破壊の様子写真である。実験条件は供試材の内部状態は中空で、爆薬形状は球状である。90μs 後以降は爆轟ガスの影響のため写真が暗くなり、それ以降は破壊の様子が観察不能となった。

Fig.7 The photograph of image converter

5. 結論

水中衝撃波の力とカレットの粒度分布との間には実験結果より、水中衝撃波によるカレットの生成技術の効果が示された。さらに、ピンの水中衝撃波による破壊の様子がイメージコンバータの写真より観察できた。