

平成 21 年 6 月 22 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19760517
 研究課題名（和文） 無加圧超微細造形を目的とした超音波振動下における軽合金溶湯の凝固過程の解明
 研究課題名（英文） Fundamental study on solidification behaviors of molten alloy under ultrasonic field for fine precision casting.
 研究代表者
 田村 賢 (TAMURA SATOSHI)
 独立行政法人水産大学校 海洋機械工学科・助教
 研究者番号：20367832

研究成果の概要：

音響キャビテーションの発生下における金属溶湯の充填，密着挙動について評価した．振動面に対向配置した金属材に設けた細溝への溶湯の速やかな充填に成功し，密着および，精密な転写が可能であることが示された．また，この溶湯の充填性が向上（≒音響毛管現象）するメカニズムについて検討した．

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	0	2,200,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	330,000	3,630,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・金属生産工学

キーワード：音響キャビテーション，音響毛管現象，転写性

1. 研究開始当初の背景

これまでの超音波振動を利用した鑄造技術の研究は，主に，組織の微細化，脱ガス，強化粒子の分散を狙ったものである．金属溶湯に強力超音波を印加し，セラミックス粒子または，強化繊維を分散させると，強化材と金属マトリックスとの密着性が著しく改善されることが知られている．これは，あたかも溶湯と強化材との濡れ性が向上したかのように見られ，しばしば，“見かけの濡れ性の向上”と表現される．超音波加振下における鑄型内表面でも溶湯とのみかけの濡れ性が向上するものと考えられ，鑄型内面形状の

鑄物表面への精密な転写に大いに寄与するものと考えられる．しかし，超音波振動の印加が，どのようなメカニズムで見かけの濡れ性向上に寄与するのか，その点が明らかにされていない．また，液中超音波振動下において液体の浸透・充填性が向上する（≒音響毛管現象）ことが知られており，本現象については，キャビテーションの発生を伴うことが指摘されているが，このメカニズムについても明らかにされてはおらず，超音波洗浄の他では産業への応用が進んでいない．

(1) 浸透・充填性向上現象の鑄造工程への応用は，鑄型内面の微細形状を鑄物表面へ

加圧無しで精密に転写することに有効であると考えられる。

→ 鋳型の耐圧性が低くても良い。

(2) 超音波加振下における溶湯浸透性向上の発現メカニズムを明らかにすることで、効率の良い加工・処理プロセスの提案、確立が可能となる。

2. 研究の目的

超音波振動下において溶湯中に発生するキャビテーションに着目し、溶湯への超音波振動の印加が、転写性(密着性)向上に寄与するメカニズムの解明を目指す。キャビテーションが液中固体表面で崩壊するときに固体に及ぼす実効的な力を測定し、キャビテーションの規模を評価する。また、キャビテーションの発生は、対向材(金型など)の損傷を招くことから、この損傷挙動の評価が重要となってくる。

超音波振動を印加し、キャビテーションを発生させた時の細管内の圧力変動を調べることによって、溶湯の浸透性向上についての知見を得る。

3. 研究の方法

(1) 溶湯中でキャビテーションを発生させ、そのキャビテーション発生部近傍に配置した金属試料に働く実効的な力を測定するための治具・測定系を作製した(図1参照)。

これを用いて、Sn合金(融点約230℃)溶湯中のTi族合金試料に働く実効的な力を調べ、キャビテーションの規模を評価する目安とし、試料に刻まれた表面損傷と照らし合わ

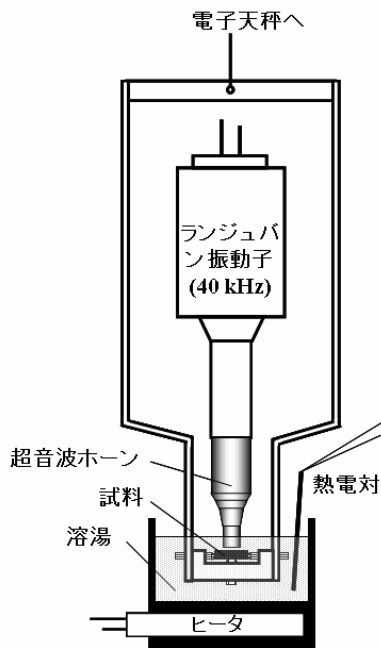


図1 溶湯内におけるキャビテーション曝露試料に働く力の測定

せた。

(2) 金属溶湯の代わりにシリコンオイルを用いて現象の観察、細管内の動圧の測定を行い、現象のメカニズムを調べた。

キャビテーションの発生を制御するために、雰囲気圧力を調整することが可能な実験系を構築した。音響毛管現象が発現している時の細管内の圧力変動を高時間分解能圧力センサで測定し、細管開口部におけるキャビテーションの形成挙動を高速カメラで観察した。

4. 研究成果

(1) 振動周波数が40 kHz、振動全振幅が約7 μmの振動端と合金試料との距離が0.5 mmの場合、合金試料には、約87 mNの吸引力が作用する。キャビテーションの形成・崩壊挙動の調査として、試料表面に記録されたキャビテーションアタックの痕跡の観察を行った(図2参照)。その結果、試料表面で崩壊し吸引力を発現させるキャビテーションバブルの単位時間当たりの数密度に起因

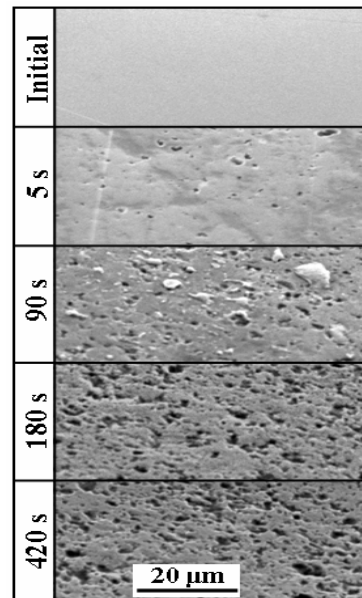


図2 キャビテーションへの曝露時間と合金試料の表面損傷

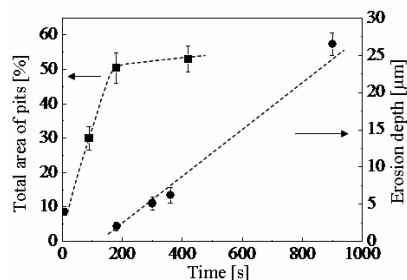


図3 キャビテーションへの曝露時間と合金試料の損傷・損耗との関係

する損耗過程を評価することができた。本処理条件における 5 s 程度の曝露では、試料表面 (= 金型表面) に顕著な損傷は見られなかった。試料に設けた幅 350 μm の溝へ熔融 Sn 合金を速やかに充填することに成功し (図 3 参照), 精密な転写が可能であることが示された。また, 処理時間を十分長く取れば, 表面が不活性な金属材料に対する熔融被覆も可能となることが示唆された。

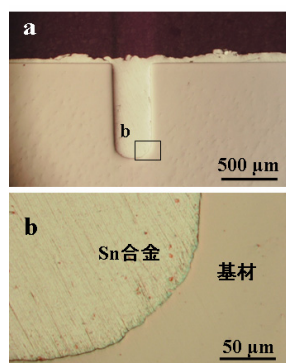


図 4 合金試料の細溝に充填された Sn 合金

(2) 音響キャビテーション (28 kHz の超音波振動による) を伴う音響毛管現象が発現中の細管内圧力変動の周期については, 音源からの基本周波数成分に加えて, その 2 倍の周波数 (第 2 高調波) 成分が占めることが観測された。その際の音圧振幅は, キャビテーションが発生していない場合のそれを越

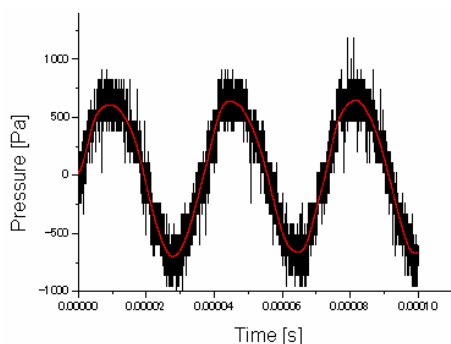
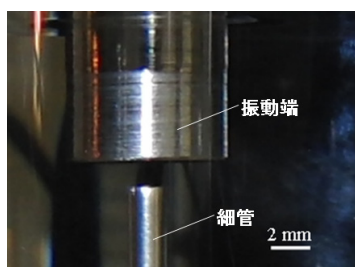


図 5 細管開口端にキャビテーションが発生していない場合

えることはなかった (図 5, 図 6 参照)。音響キャビテーション気泡が存在する液体中を振動端からの音圧変動が伝播する過程において非線形性が強く現れた結果と言える。

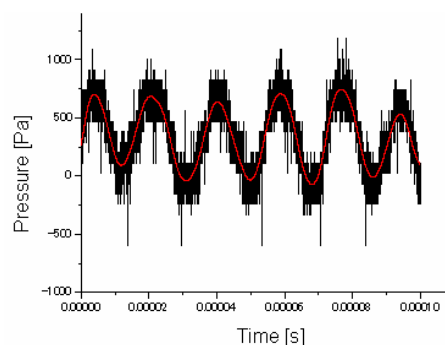
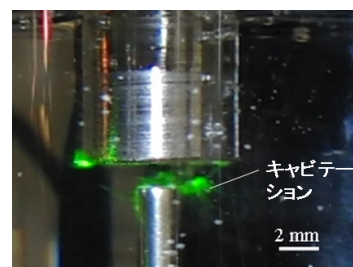


図 6 細管開口端にキャビテーション (緑色レーザが散乱されている部分) が発生した場合

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

S. Tamura, Y. Tsunekawa, M. Okumiya, M. Hatakeyama, Journal of Materials Processing Technology, Ultrasonic cavitation treatment for soldering on Zr-based bulk metallic glass, 206, 322-327 (2008). 査読あり

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村 賢 (TAMURA SATOSHI)
独立行政法人水産大学校 海洋機械工学科 助教
研究者番号: 20367832

(2) 研究協力者

恒川好樹 (TSUNEKAWA YOSHIKI)
豊田工業大学 工学部 教授
研究者番号: 50148350

(3) 研究協力者

奥宮正洋 (OKUMIYA MASAHIRO)
豊田工業大学 工学部 准教授
研究者番号 : 20177182

(1) 研究協力者

畠山賢彦 (HATAKEYAMA MASAHIKO)
東北大学 金属材料研究所 助教
研究者番号 : 30375109