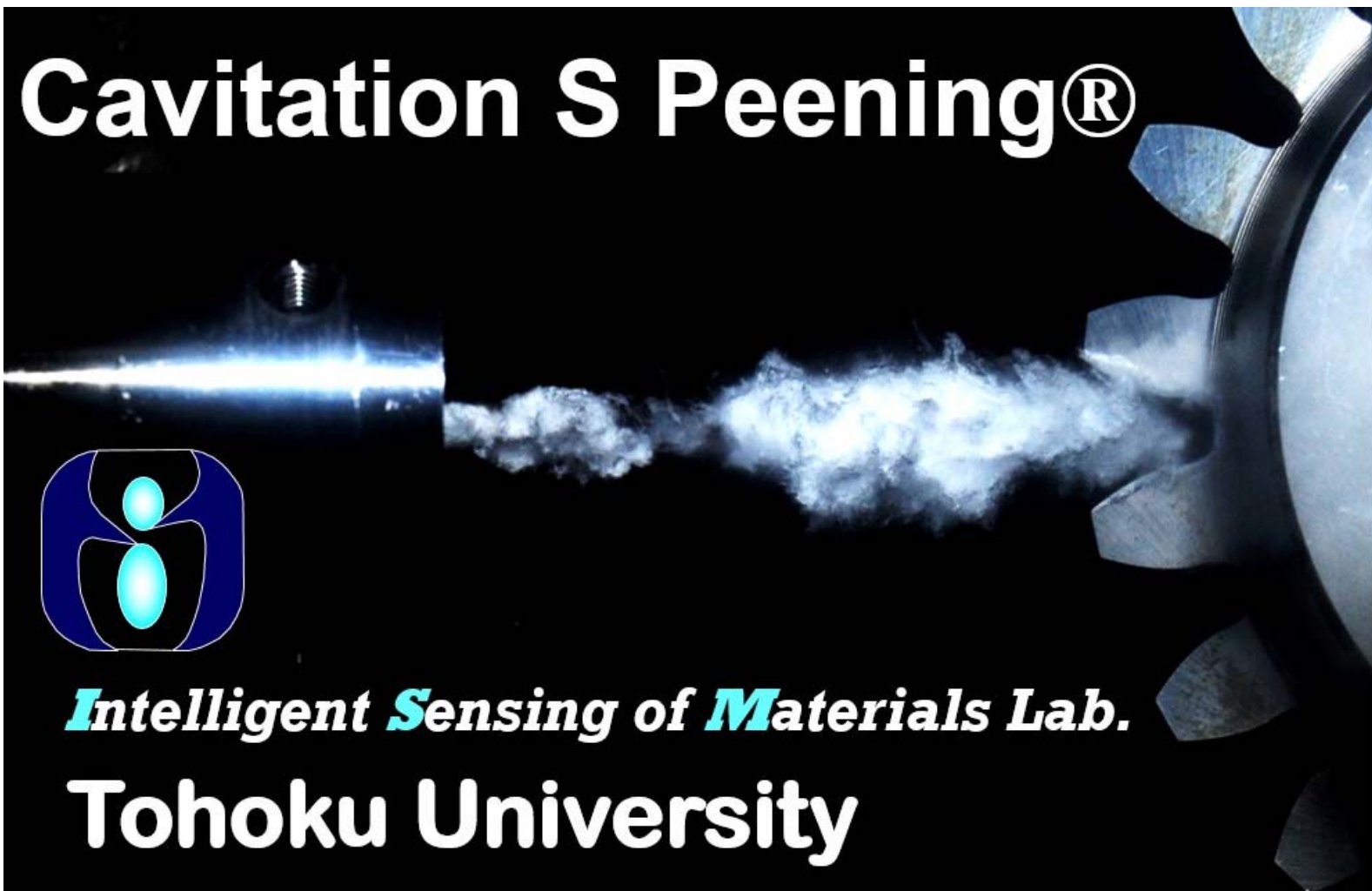


Fundamental of “Cavitation Peening” is now on YouTube.
3 min.

<https://youtu.be/BurRGrmOGQY>



Invited review paper about “cavitation peening” is available
on following URL as OPEN ACCESS Journal.

<http://www.oldcitypublishing.com/wp-content/uploads/2017/11/IJPSTv1n1p3-60Soyama.pdf>

H. Soyama,

“Key Factors and Applications of Cavitation Peening”

International Journal of Peening Science and Technology

Vol. 1 (2017), pp. 3-60.



— キャビテーションテクノロジーの新展開 —
物理的作用の活用
Cavitation S Peening®

教授 祖山 均

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01
 東北大学大学院工学研究科ナノメカニクス専攻
 材料メカニクス講座 知的計測評価学分野

Intelligent Sensing of Materials Lab., Tohoku University

キャビテーションピーニング Cavitation S Peening®

(CP)とは、気泡(キャビテーション気泡)の崩壊時に生じる衝撃力により、ショットピーニングのごとく、金属材料を叩いて疲労強度などを向上させる表面改質法です。ショットを用いないので、ショットレスピーニングと呼びます。キャビテーションピーニングでは、キャビテーション噴流により、キャビテーション衝撃力を制御・強力化しています(図1参照)。

キャビテーションとは、速度の増大に伴い、圧力が低下し、液体の飽和蒸気圧まで圧力が減少した結果、液体が気泡になる現象です。高い山では100℃以下で沸騰(図2参照)します。温度上昇による気体への相変化は沸騰と呼び、速度の増大に伴う圧力の低下による気体への相変化をキャビテーション現象と呼びます(図3参照)。速度の低下(圧力の回復)時に気泡が液体に戻る際に、固体と反対側の一部が変形して**マイクロジェット**を形成したり、極短時間に気泡が再膨張するために**衝撃波**を発生して、固体壁面を叩いて塑性変形させます。特に微細気泡からなる群列キャビテーションは、大衝撃力を生じます(図4参照)。弱いキャビテーションは眼鏡洗浄などにも使われています。

エネルギー保存則

【速度のエネルギー】+【圧力のエネルギー】=一定

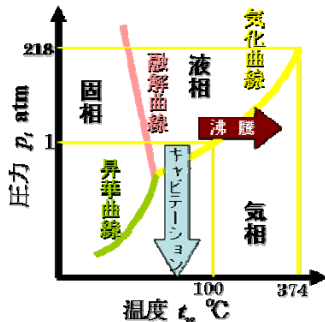


図3 水の状態図

キャビテーションピーニングの利点

としては、以下の点が挙げられます。

- (1) 固体接触がないので表面粗さの増大が少ない(図5参照)。
- (2) ショットを用いないのでコンタミネーションの問題が生じない
- (3) ショットが割れることによる加工の信頼性の低下がない。
- (4) ショットの分別・回収が不要である。
- (5) 被加工材の硬さに制約がない。
- (6) 細管内部や狭隘部なども容易に処理できる。
- (7) 加工時に熱を伴わない。
- (8) 塑性変形の形状(凸部少)から摩擦・磨耗特性に優れている(図6参照)。
- (9) 水のみで処理できる。
- (10) 非鉄金属を処理する際の化学洗浄が不要である。
- (11) ウォータージェットよりも低圧のポンプで処理できる。
- (12) ウォータージェットよりも加工範囲が広い。

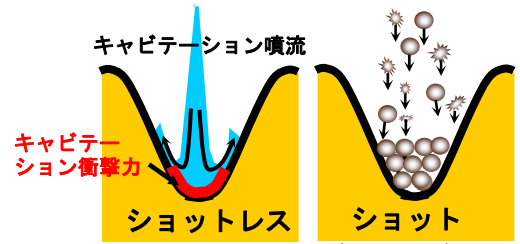


図1 ショットレスピーニングとショットピーニング

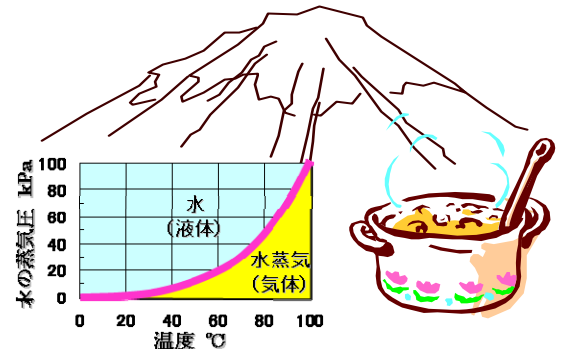


図2 高い山では100℃以下で沸騰

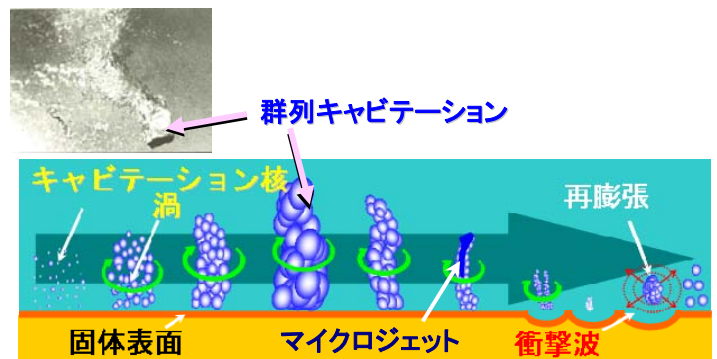
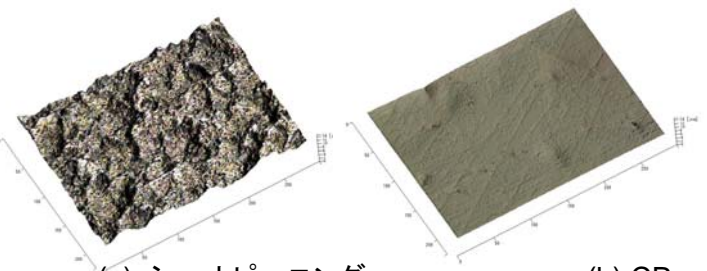
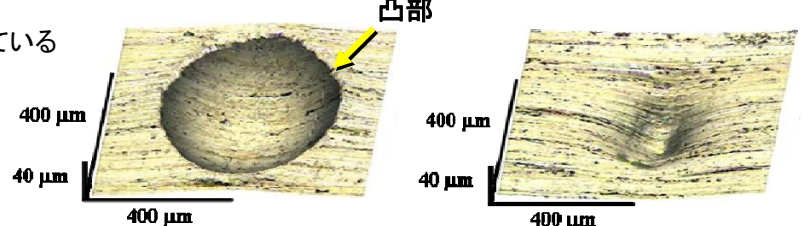


図4 キャビテーション衝撃力の発生機構の概要



(a) ショットピーニング (b) CP
 図5 ピーニング面の様相 (合金工具鋼 SKD61)



(a) 球状圧子による塑性変形ピット (b) CPによる塑性変形ピット
 図6 アルミ上の塑性変形ピットの様相 (凹部の体積と深さが等しい場合)

キャビテーション噴流

とは、水中に高速水噴流を噴射したときに生じるキャビテーションを伴う噴流です。高速水噴流と周囲液体との流速差により渦が発生し、その渦中心部の圧力が低下して渦キャビテーションが生じ、下流に流れるのに伴い合体して大きなキャビテーション気泡雲を形成します。加工面に衝突するとリング状に広がりやがて群列キャビテーションとなり崩壊します(図7で白く見えるのがキャビテーション気泡です)。大気中に低速水噴流を噴射して、その中心部に高速水噴流を噴射することにより、水を満たした水槽を用いることなく、大気中に直接的にキャビテーション噴流を形成でき、これを気中キャビテーション噴流と呼びます。これに対して、水中に高速水噴流を噴射した場合を、水中キャビテーション噴流と呼んでいます。なお、最適噴射条件の気中キャビテーション噴流は、水中キャビテーション噴流よりも加工能力が高いことがわかっています。

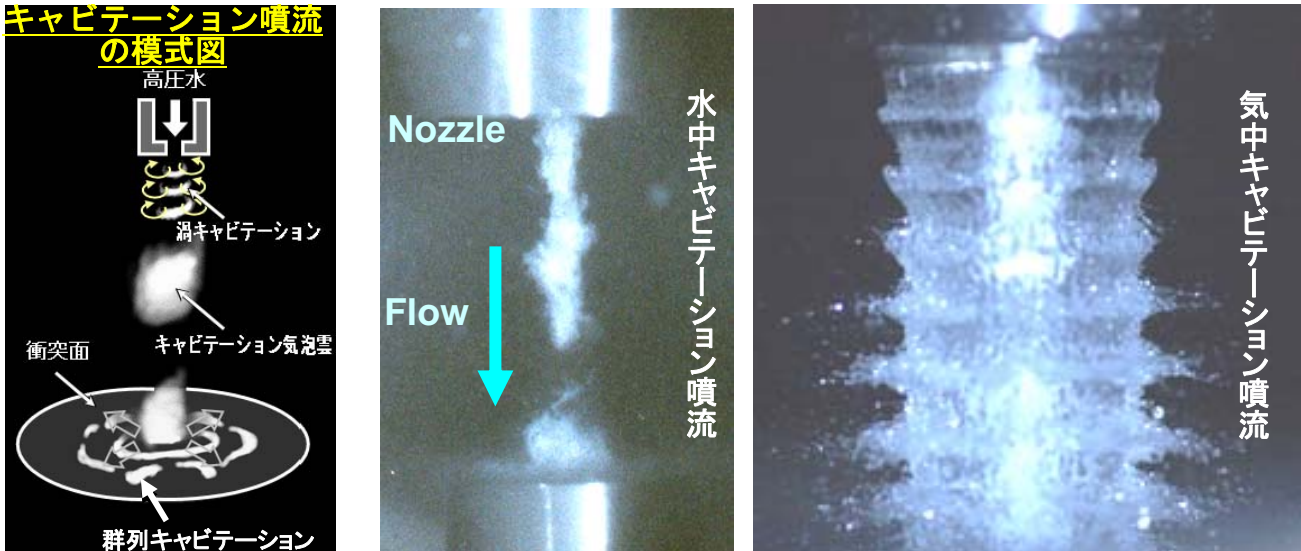


図7 キャビテーション噴流の概要ならびに様相

図8には、高速水噴流の噴射圧力を同じにして、同じのノズルを用い、一定時間、最適なスタンドオフ距離においてアルミニウム製試験片に、各種の噴流を噴射した様相を示します。壊食量が大きいほど、噴流の加工能力が大きいと仮定すれば、ウォータージェット(気中水噴流)よりも水中ならびに気中キャビテーション噴流のほうが加工領域が広いので、ピーニングに適しているといえます。また気中キャビテーション噴流が最も加工能力が大きいといえます。なおピーニング時は、壊食を生じる前に加工を終えるので、損傷は生じません。

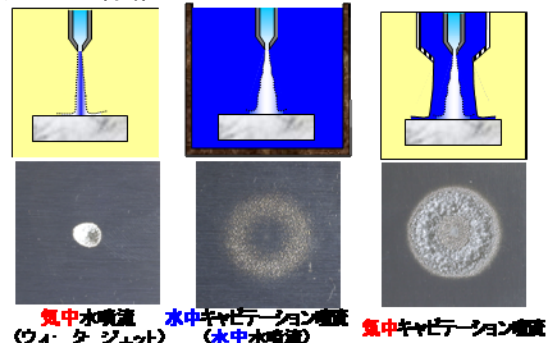


図8 各種噴流の加工領域と加工能力

疲労強度向上

について、図9に示します。キャビテーションピーニングの方がショットピーニングよりも 10^7 回における疲労強度を向上できます。主な理由は、図10に示すように、キャビテーションピーニングの方が、ショットピーニングよりも加工面の粗さの増大が少ないためです。

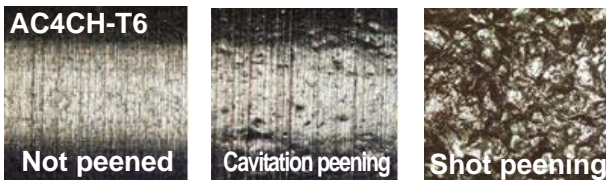


図10 加工面の様相

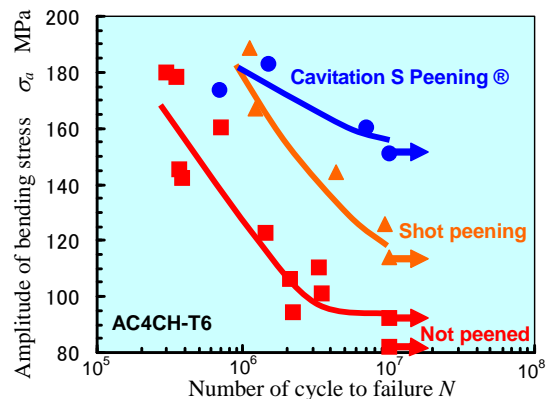


図9 疲労強度向上

H.Soyama et al., Use of Cavitating Jet for Introducing Compressive Residual Stress, *J. Manufacturing Science and Eng., Trans.ASME*, Vol.122, 2000, pp.83-89.
 H.Soyama et al., Peening by the Use of Cavitation Impacts for the Improvement of Fatigue Strength, *Journal of Materials Science Letters*, Vol.20, 2001, pp.1263-1265.
 H.Soyama et al., Improvement of Fatigue Strength of Aluminum Alloy by Cavitation Shotless Peening, *J. Eng. Materials & Technology, Trans.ASME*, Vol.124, 2002, pp.135-139.
 H.Soyama, Introduction of Compressive Residual Stress Using a Cavitating Jet in Air, *J. Eng. Materials & Technology, Trans.ASME*, Vol.126, 2004, pp.123-128.
 H.Soyama et al., Fatigue Strength Improvement of Gears Using Cavitation Shotless Peening, *Tribology Letters*, Vol. 18, 2005, pp.181-184.
 H.Soyama, High-speed Observation of Cavitating Jet in Air, *J. Fluids Eng., Trans. ASME*, Vol. 127, 2005, pp. 1095-1101.
 H.Soyama, Improvement of Fatigue Strength by Using Cavitating Jets in Air and Water, *J. Mater. Sci.*, Vol. 42, 2007, pp. 6638-6641.
 H.Soyama et al., Improving the Fatigue Strength of the Elements of a Steel Belt for CVT by Cavitation Shotless Peening, *J. Mater. Sci.*, Vol. 43, 2008, pp. 5028-5030.
 H.Soyama and N.Yamada, Relieving Micro-Strain by Introducing Macro-Strain in a Polycrystalline Metal Surface by CSP, *Mater. Lett.*, Vol.62, 2008, pp.3564-3566.
 H.Soyama and Y.Sekine, *International Journal of Sustainable Engineering*, Vol. 3, No. 1, 2010, pp. 25-32.
 H.Soyama et al., *Surface & Coatings Technology*, Vol. 205, 2011, pp. 3167-3174.
 H.Soyama and O.Takakuwa, *Journal of Fluid Science and Technology*, Vol. 6, 2011, pp. 510-521.