

## Introduction

Après un premier refroidissement en piscine, le combustible usé doit continuer son refroidissement. Certains pays comme les États-Unis ont opté pour un refroidissement à sec. Ainsi, les fûts MPC (Multi-Purpose Canister) peuvent permettre ce refroidissement. Cependant, ils sont généralement en acier inoxydable et donc soumis à la corrosion limitant ainsi leur durée de vie. Le *laser shock peening* est un procédé aujourd'hui de plus en plus répandu qui utilise l'énergie laser pour générer des ondes de choc et induire des effets mécaniques dans les cibles.

## L'utilisation du *laser shock peening* permet-il de limiter la corrosion et ainsi d'augmenter leur durée de vie?

### Etat des connaissances

De nombreux sites de stockage sont dans des environnements humides car beaucoup d'entre eux sont situés le long des zones côtières océaniques entraînant un taux d'humidité élevé. Ensuite, les sites d'entreposage sont souvent proches du réacteur et donc près d'un plan d'eau. Avec l'utilisation de fûts en alliage de métaux pour le stockage des déchets radioactifs à sec, on peut observer des fissures due à la corrosion. Or, nous savons qu'en général, l'environnement, comme l'exposition à l'air salé et humide des océans, n'est pas un facteur pouvant être éliminé. Ensuite, le choix du matériau est motivé par sa disponibilité et son coût. Ainsi, l'élimination du « stress » induit par la corrosion apparaît comme la meilleure option au CISCC (Chloride Induced Stress Corrosion Cracking).

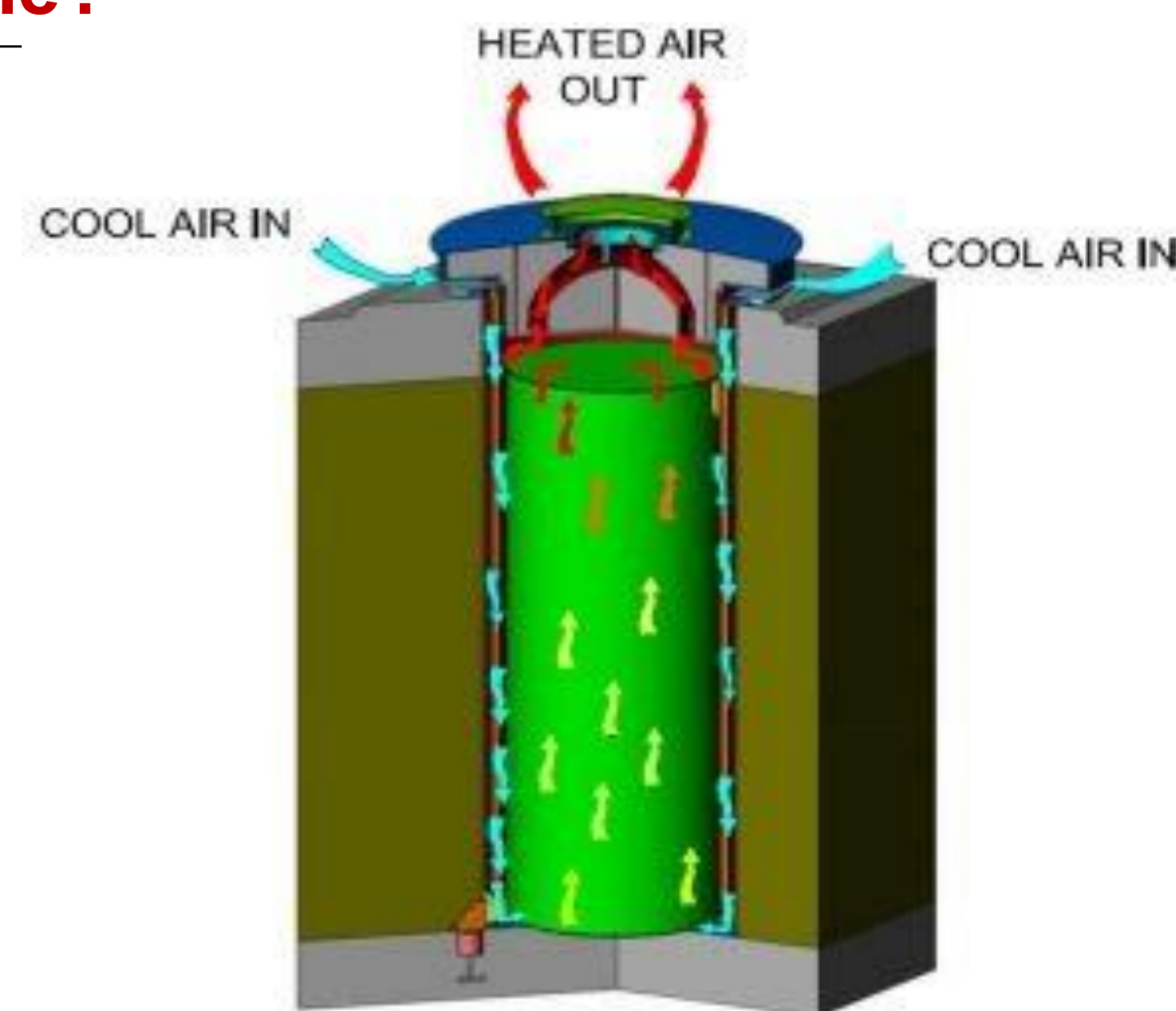


Figure 1 : MPC canister, Holtec, 2018

### Fonctionnement du *laser peening*.

- Une répétition d'impulsions laser de haute énergie vient frapper la surface ciblée couverte d'eau.
- Après absorption de l'énergie par la cible, un plasma d'interaction est créé à la surface du matériau.
- Ce plasma lors de sa détente génère une onde de choc qui se propage dans le matériau ciblé.
- L'onde de choc entraîne une zone de stress compressive profonde de plusieurs millimètres.

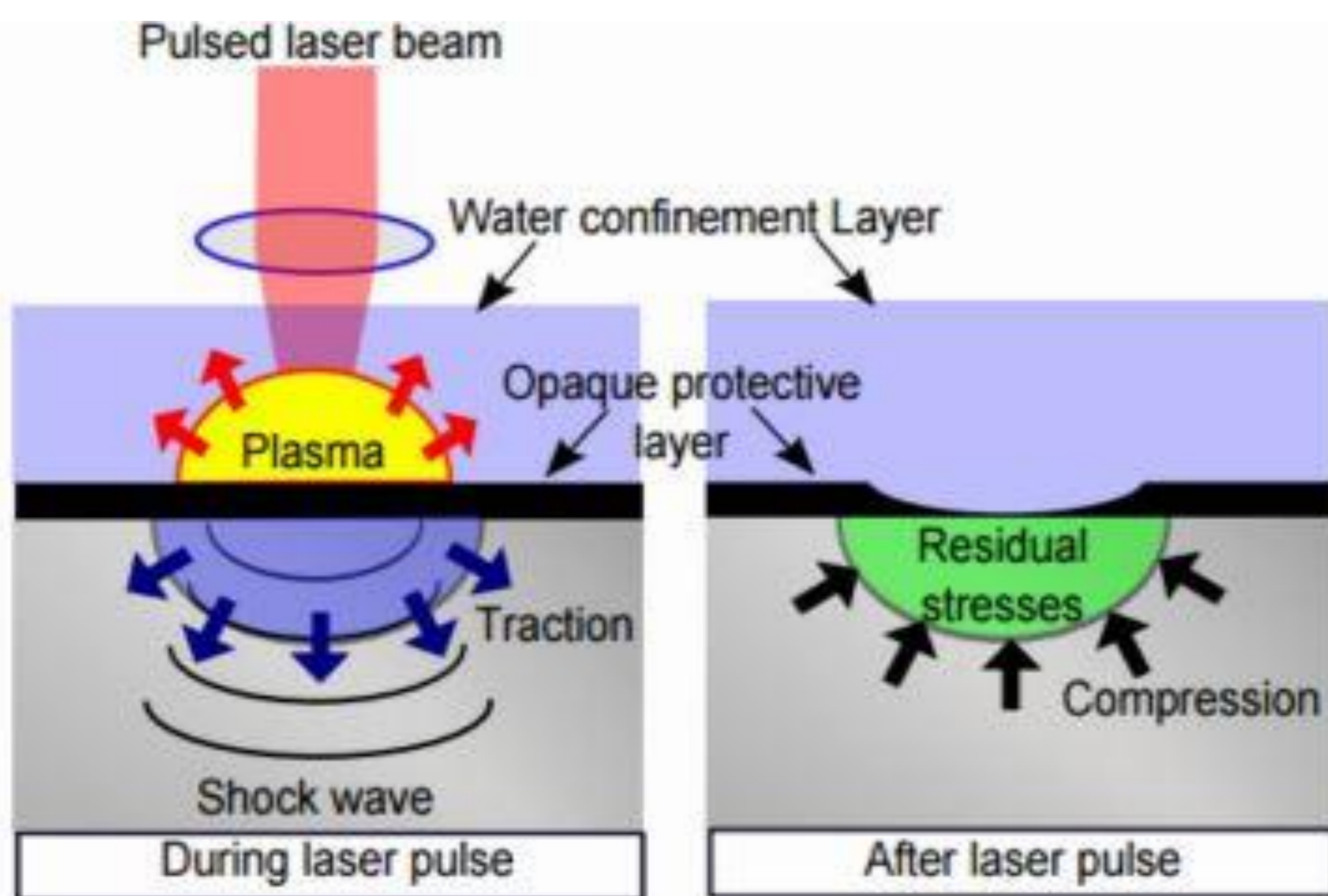


Figure 2: Mechanism for creating residual stresses, ParisTech, 2010

### Sample prepared with Holtec canister and welding method after 57,5 hours MgCl2 exposure.

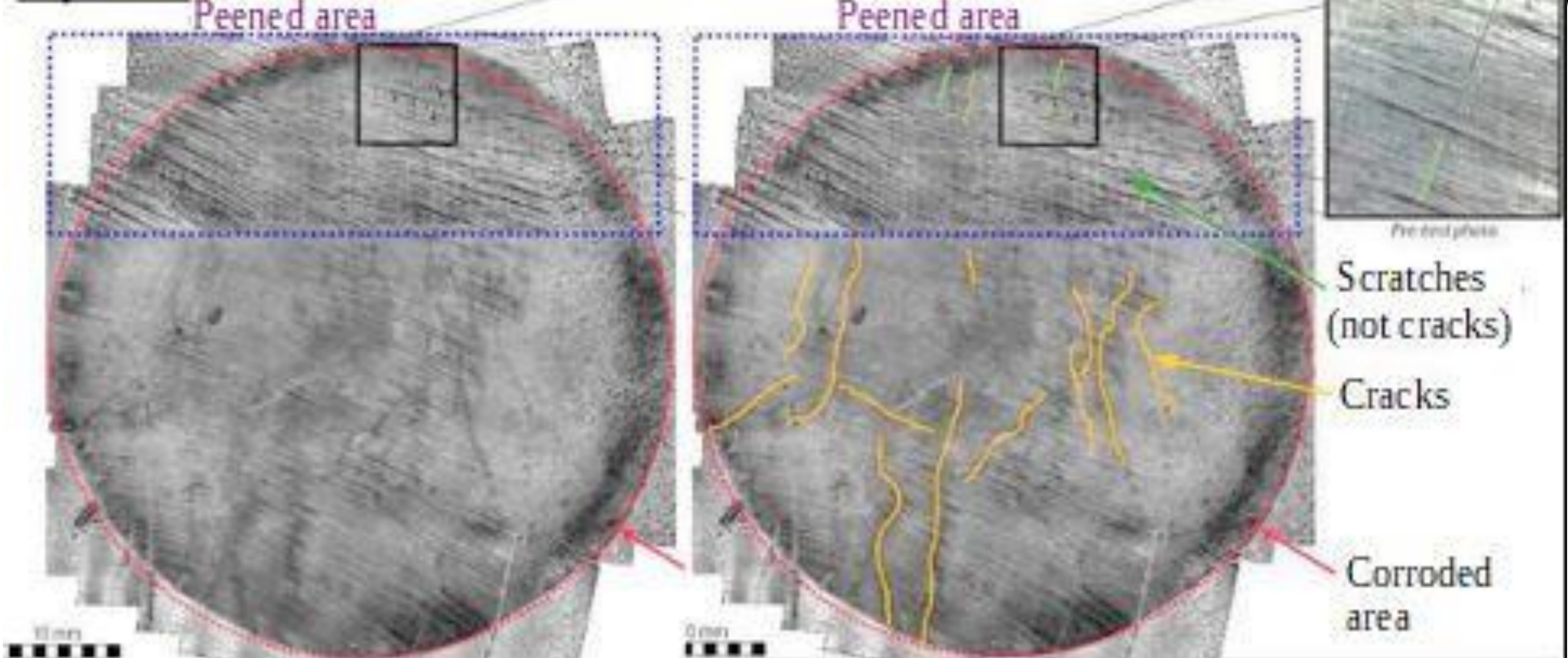


Figure 3 : Procedia Structural Integrity, Lloyd Hackel et al. 2019

### Intérêt du *laser peening* industrie et nucléaire

A terme, l'environnement corrosif initie des fissures. Celles-ci se développent sur la partie non traitée au *laser shock peening*. Les résultats indiquent également que, malgré une exposition à une température extrême et au chlore, le *laser shock peening* fournira **plus de 19 fois** la durée de vie pour les fûts de combustibles usés, fabriqués dans cet alliage.

D'autres études ont également montrées des améliorations significatives sur d'autres alliages traités par le laser shock peening :

- **Alliage de titanium**, la limite de fatigue générée par la corrosion a été améliorée de **16 %** après LSP.
- **Alliage de cobalt chrome molybdène**, amélioration de l'élasticité de **15%** et une durée de vie **20 fois** supérieure.
- **Aluminium**, une durée de vie 6.31 fois supérieure.

### Conclusion:

Le processus LSP ( Laser Shock Peening ) peut produire un stress résiduel compressif à amplitude élevée dans les matériaux, ce qui est très bénéfique pour prolonger la durée de vie des composants métalliques. Les améliorations de durée de vie des matériaux face à la corrosion dépendront de plusieurs facteurs (réglages du système LSP, composants du matériau à traiter etc). Cependant, les études sont très promettantes pour la plupart des alliages utilisés. On pourrait, donc, imaginer une utilisation future sur les alliages utilisés pour les entreposages et stockages de déchets radioactifs afin de prolonger leur durée de vie. Son utilisation pourrait être localisée sur des zones stratégiques à fortes contraintes afin d'optimiser son utilisation.

**Bibliographie:** Courapied, D., 2016. Etude de l'interaction laser matière en régime de confinement par eau avec deux impulsions laser. Application au test d'adhérence par choc laser. (Thèse de doctorat). Arts et Métiers Sciences et Technologies, France. URL [Etude de l'interaction laser matière en régime de confinement par eau avec deux impulsions laser. Application au test d'adhérence par choc laser. \(archives-ouvertes.fr\)](https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.09.013)

Hackel, L., Rankin, J.R., Rubenchik, A., King, W.E., Matthews, M., 2018. Laser peening: A tool for additive manufacturing post-processing. Additive Manufacturing 24, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.09.013>

Laser Shock Peening Benefits & Applications [WWW Document], n.d. . LSP Technologies. URL <https://www.lsptechnologies.com/why-laser-peening/> (accessed 10.21.20).

Preventing Stress Corrosion Cracking of Spent Nuclear Fuel Dry Storage Canisters, 2019. . Procedia Structural Integrity 19, 346–361. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.12.038>

Remillieux, M.C., Kaoumi, D., Ohara, Y., Stuber Geesey, M.A., Xi, L., Schoell, R., Bryan, C.R., Enos, D.G., Summa, D.A., Ulrich, T.J., Anderson, B.E., Shayer, Z., 2020. Detecting and imaging stress corrosion cracking in stainless steel, with application to inspecting storage canisters for spent nuclear fuel. NDT & E International 109, 102180. <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2019.102180>

van Aswegen, D.C., Polese, C., 2021. Experimental and analytical investigation of the effects of laser shock peening processing strategy on fatigue crack growth in thin 2024 aluminium alloy panels. International Journal of Fatigue 142, 105969. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.105969>