

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|
|  SYNOVA Ch. Dent-d'Oche CH-1024 Ecublens Suisse www.synova.ch | RAPPORT D'APPLICATION | Rapport No: 1410-3 Echantillon No: 2.2.1511 |
| | | CONFIDENTIEL |

RAPPORT: **Découpe d'acier amorphe par Laser-MicroJet®**

Pour

Anonymous

Par

Stephane Delahaye, Synova SA

1. OBJECTIFS

La technologie du Laser-MicroJet® a été utilisée pour découper de l'acier amorphe d'une épaisseur de 75 µm.

Les objectifs étaient :

- Améliorer la qualité de surface (disparition des « gouttelettes »)
- Usinage de 5 éprouvettes de traction
- Usinage de 5 pièces entières (390mm de long) selon le .dxf envoyé avec les mêmes paramètres que les éprouvettes de traction.




| ECHANTILLON | Material | Bande métallique d'acier amorphe |
|-------------|-----------|-------------------------------------|
| | Dimension | 13.5 mm |
| | Epaisseur | 77 µm |
| | Quantité | 5 pcs |

2. PROCEDE: INSTRUMENT & PARAMETRES DE DECOUPE

La LCS 300 équipée d'un laser « pulses courts » et la LSS 800 équipée d'un laser pulsé utilisant la seconde harmonique du Nd:YAG ont été utilisées pour les tests.

Des informations supplémentaires sont disponibles dans le tableau ci-dessous :

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--|--------------------------|
|  SYNOVA Ch. Dent-d'Oche CH-1024 Ecublens Suisse www.synova.ch | <h1 style="text-align: center;">RAPPORT D'APPLICATION</h1> | | Rapport No: 1410-3 |
| | | | Echantillon No: 2.2.1511 |
| | CONFIDENTIEL | | |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|  | SYSTEME | Machine | LCS300 LSS800 |
| | | Fixation | <i>Pincé</i> |
|  | PARAMETRES DU MICROJET® | Diamètre de buse | 50/40 μm |
| | | Distance focale de la lentille (haute transmission) | 200 mm |
|  | PARAMETRES LASER | Laser | L101G: (pulses longs) SP31G: (pulses courts) |
| | | Longueur d'onde | 532 nm |

4. RESULTATS

L'ensemble des résultats obtenus sont résumés dans cette section.

Les paramètres utilisés pour découper les différents échantillons sont référencés dans le tableau 1.

| Número | Epaisseur [μm] | Nozzle [μm] | Pression [bar] | Freq [kHz] | Speed [mm/s] | Pjet [W] | Pulse energy [mJ] | Fluence [J/cm ²] | Pulse width [ns] | Pulse Int [W/cm ²] |
|------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|---------------|-----------------|-------------|----------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1 | 70 | 50 | 350 | 100 | 30 | 9.75 | 0.10 | 7.21 | 23 | 3.13E+08 |
| 2 | 70 | 50 | 350 | 100 | 20 | 7.8 | 0.08 | 5.77 | 23 | 2.51E+08 |
| 3 | 70 | 50 | 350 | 100 | 10 | 7.8 | 0.08 | 5.77 | 23 | 2.51E+08 |
| 4 | 70 | 50 | 350 | 200 | 30 | 11.7 | 0.06 | 4.32 | 28 | 1.54E+08 |
| 5 | 70 | 50 | 350 | 200 | 20 | 11.7 | 0.06 | 4.32 | 28 | 1.54E+08 |
| 6 | 70 | 50 | 350 | 200 | 10 | 11.7 | 0.06 | 4.32 | 28 | 1.54E+08 |
| 7 | 70 | 50 | 200 | 200 | 20 | 11.7 | 0.06 | 4.32 | 28 | 1.54E+08 |
| 8 | 70 | 50 | 200 | 100 | 20 | 7.8 | 0.08 | 5.77 | 23 | 2.51E+08 |
| 9 | 70 | 50 | 350 | 100 | 5 | 7.8 | 0.08 | 5.77 | 23 | 2.51E+08 |
| 10 | 70 | 50 | 350 | 100 | 10 | 7.8 | 0.08 | 5.77 | 23 | 2.51E+08 |
| | | | | | | | | | | |
| Eprouvette | 70 | 40 | 350 | 25 | 20 | 13.5 | 0.54 | 62.38 | 250 | 2.50E+08 |
| Pièce "complète" | 70 | 40 | 350 | 25 | 15 | 13.5 | 0.54 | 62.38 | 250 | 2.50E+08 |

Tableau 1 : Paramètres laser utilisés – en vert la fluence pour le laser à pulses courts et en orange la fluence pour le laser à pulses longs.

- Les pièces 1 à 6 ont été découpées avec une buse 50 μm sur une LCS300 en utilisant un support en verre sous l'échantillon.



SYNOVA

Ch. Dent-d'Oche
CH-1024 Ecublens
Suisse
www.synova.ch

RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 1410-3

Echantillon No: 2.2.1511

CONFIDENTIEL

- Les pièces 7 à 10 ont été découpées avec une buse 50 μm sur une LCS300 en utilisant un système de tension
- L'éprouvette et la pièce complète ont été découpées sur une LSS800 pour des raisons de dimensions et en utilisant un système de tension (une découpe à l'échelle 1/5 a été réalisée sur la même bande que celle utilisée pour produire la pièce complète du à une erreur de conversion).



Figure 0 : Vue globale de l'éprouvette et de la pièce entière.

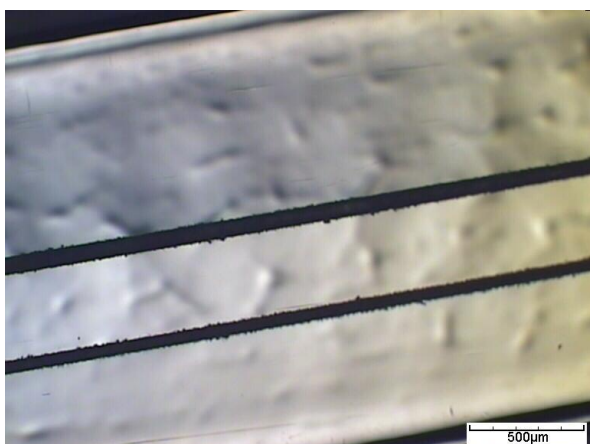


Figure 1 : Echantillon 1, vue supérieure.

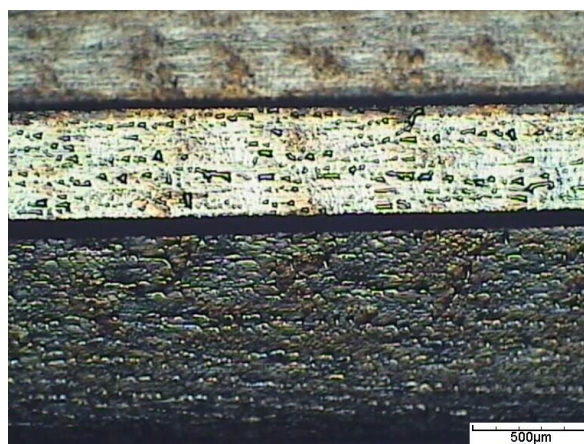


Figure 2 : Echantillon 1, vue inférieure.

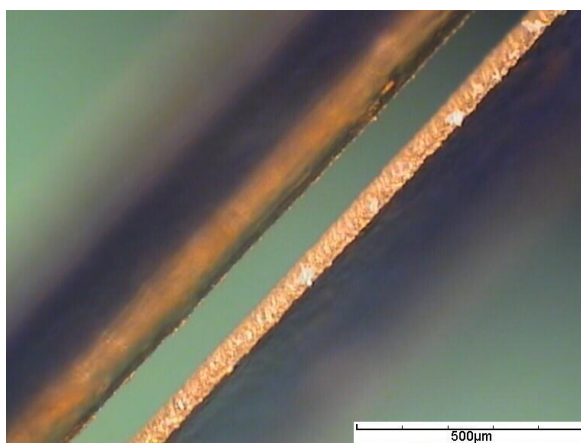


Figure 3 : Echantillon 1, vue de côté.



SYNOVA

Ch. Dent-d'Oche
CH-1024 Ecublens
Suisse
www.synova.ch

RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 1410-3

Echantillon No: 2.2.1511

CONFIDENTIEL



Figure 4 : Echantillon 2, vue supérieure.

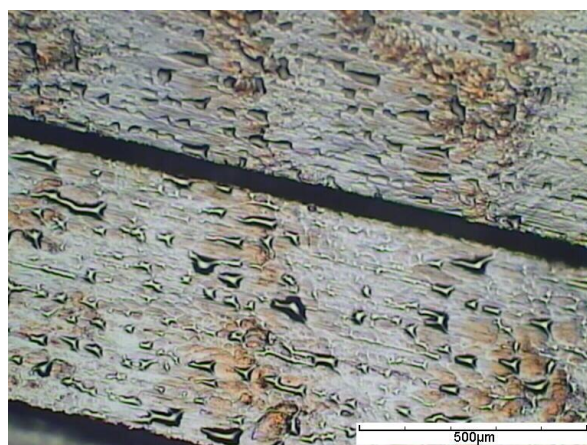


Figure 5 : Echantillon 2, vue inférieure.

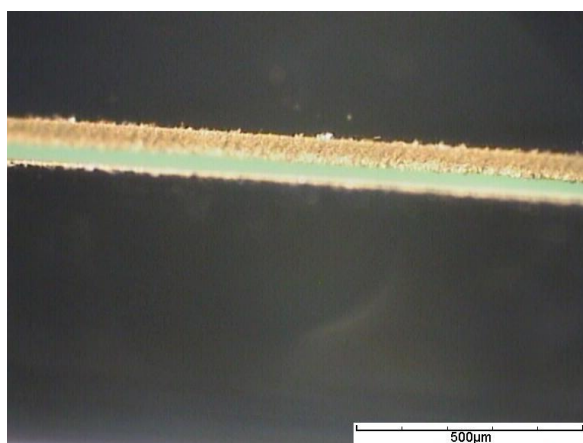


Figure 6 : Echantillon 2, vue de côté.

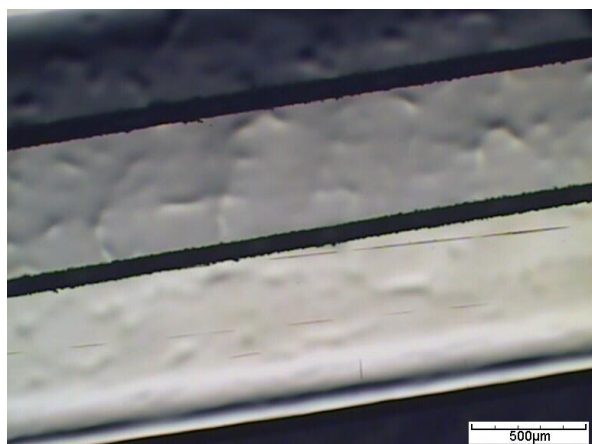


Figure 7 : Echantillon 3, vue supérieure.

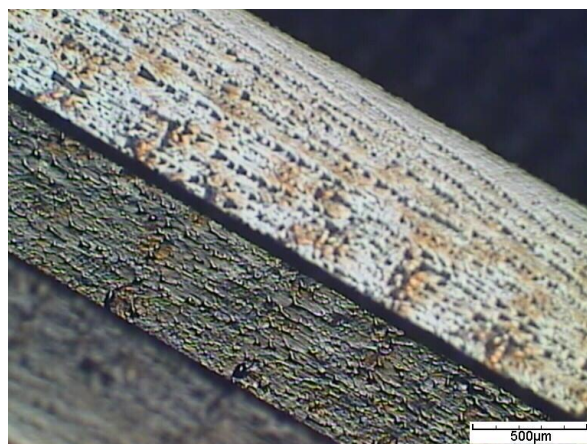


Figure 8 : Echantillon 3, vue inférieure.



SYNOVA

Ch. Dent-d'Oche
CH-1024 Ecublens
Suisse
www.synova.ch

RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 1410-3

Echantillon No: 2.2.1511

CONFIDENTIEL

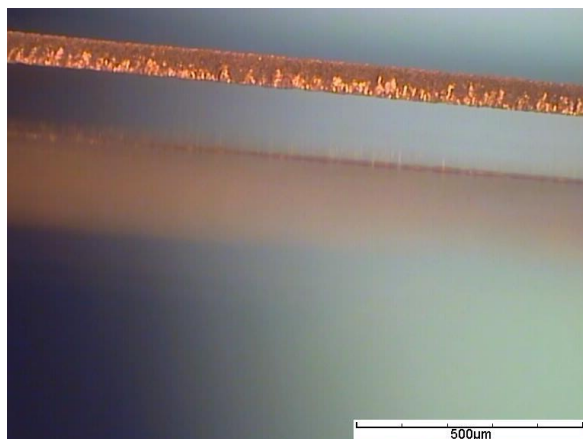


Figure 9 : Echantillon 3, vue de côté.



Figure 10 : Echantillon 4, vue supérieure.

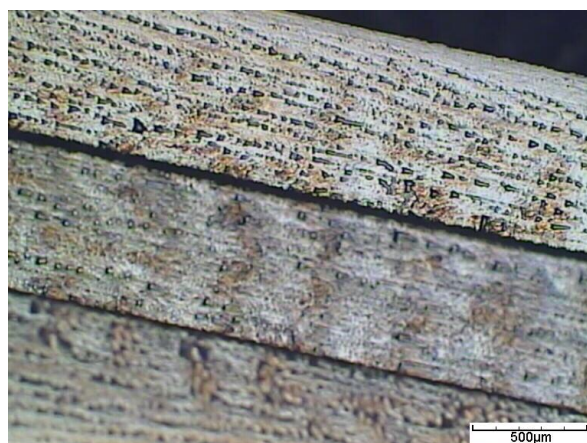


Figure 11 : Echantillon 4, vue inférieure.

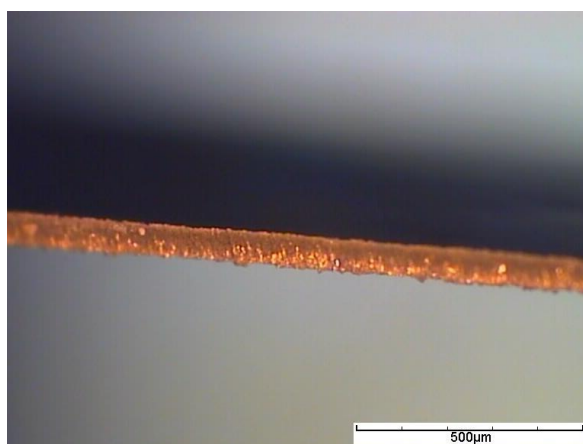


Figure 12 : Echantillon 4, vue de côté.



SYNOVA

Ch. Dent-d'Oche
CH-1024 Ecublens
Suisse
www.synova.ch

RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 1410-3

Echantillon No: 2.2.1511

CONFIDENTIEL

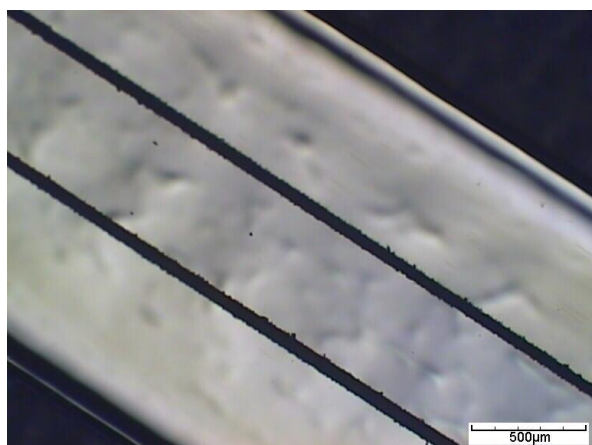


Figure 13 : Echantillon 5, vue supérieure.



Figure 14 : Echantillon 5, vue inférieure.

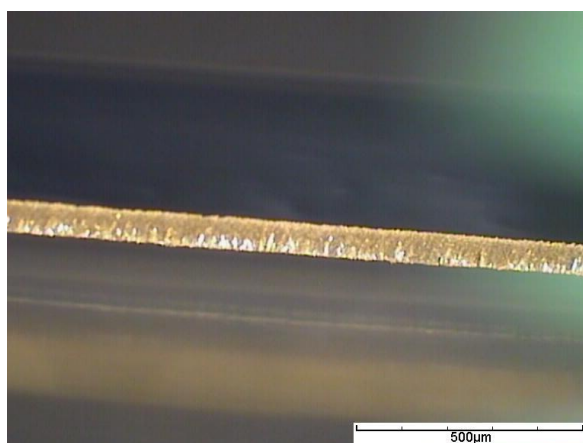


Figure 15 : Echantillon 5, vue de côté.

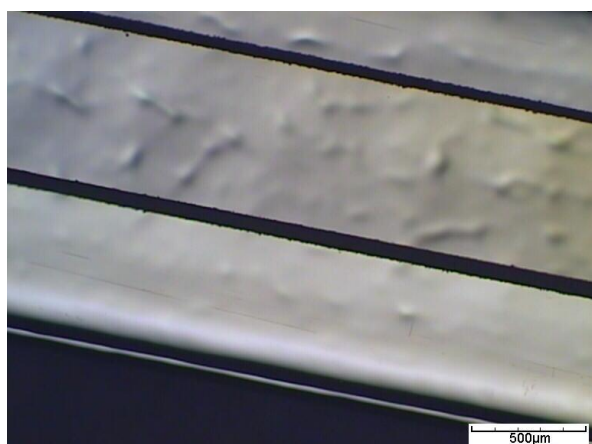


Figure 16 : Echantillon 6, vue supérieure.

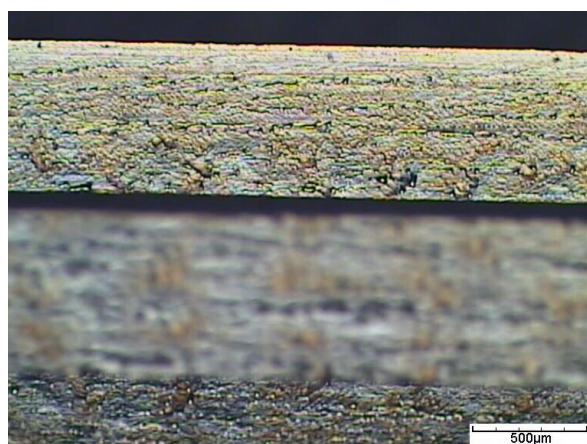


Figure 17 : Echantillon 6, vue inférieure.



SYNOVA

Ch. Dent-d'Oche
CH-1024 Ecublens
Suisse
www.synova.ch

RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 1410-3

Echantillon No: 2.2.1511

CONFIDENTIEL

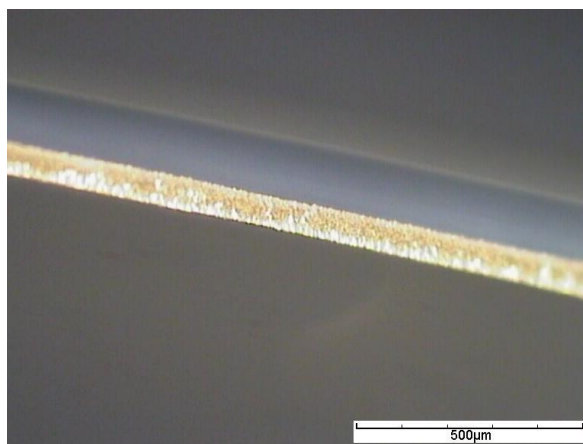


Figure 18 : Echantillon 6, vue de côté.

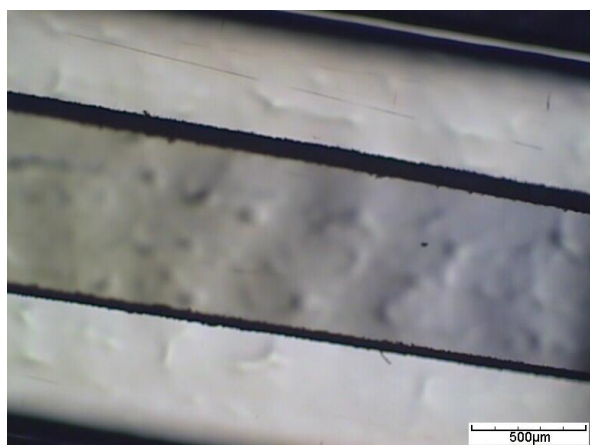


Figure 19 : Echantillon 7, vue supérieure.

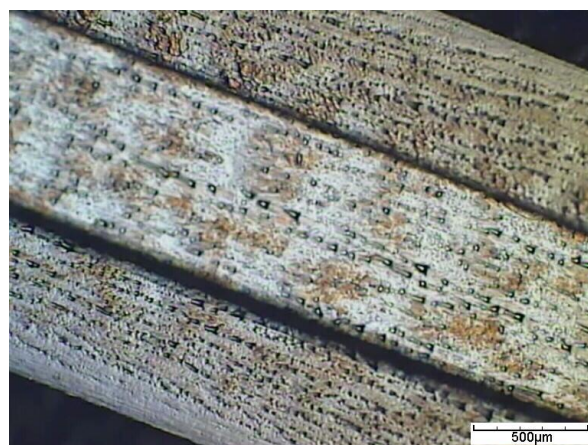


Figure 20 : Echantillon 7, vue inférieure.

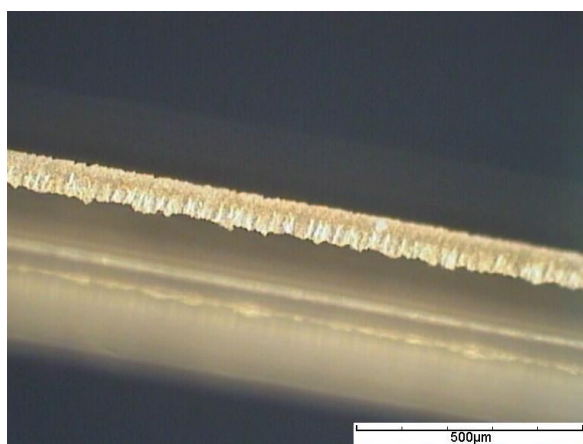


Figure 21 : Echantillon 7, vue de côté.



SYNOVA

Ch. Dent-d'Oche
CH-1024 Ecublens
Suisse
www.synova.ch

RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 1410-3

Echantillon No: 2.2.1511

CONFIDENTIEL

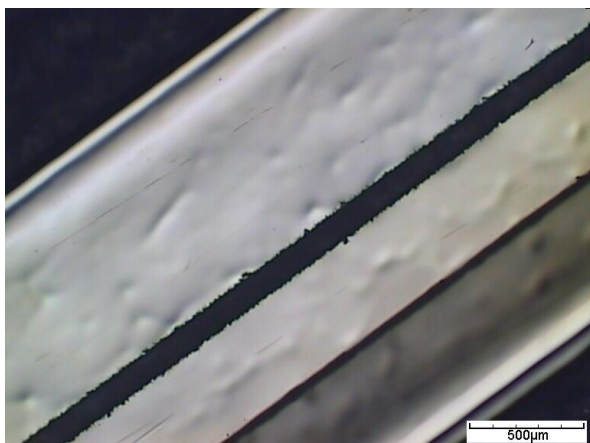


Figure 22 : Echantillon 8, vue supérieure.

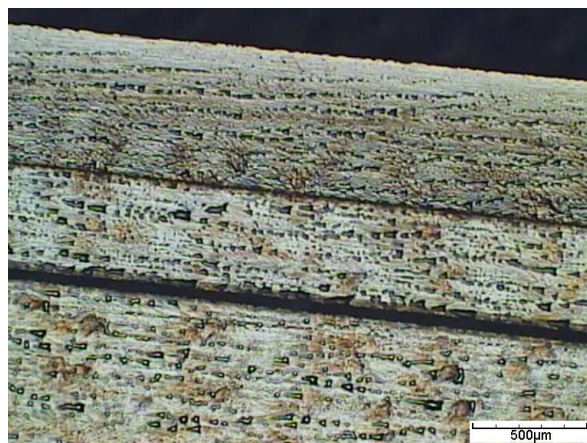


Figure 23 : Echantillon 8, vue inférieure.

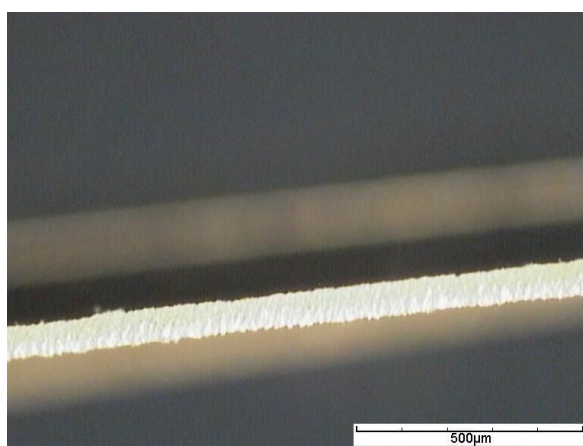


Figure 24 : Echantillon 8, vue de côté.

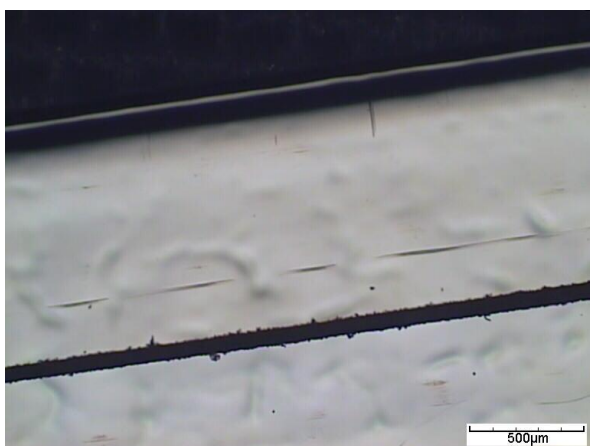


Figure 25 : Echantillon 9, vue supérieure.



Figure 26 : Echantillon 9, vue inférieure.



SYNOVA

Ch. Dent-d'Oche
CH-1024 Ecublens
Suisse
www.synova.ch

RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 1410-3

Echantillon No: 2.2.1511

CONFIDENTIEL

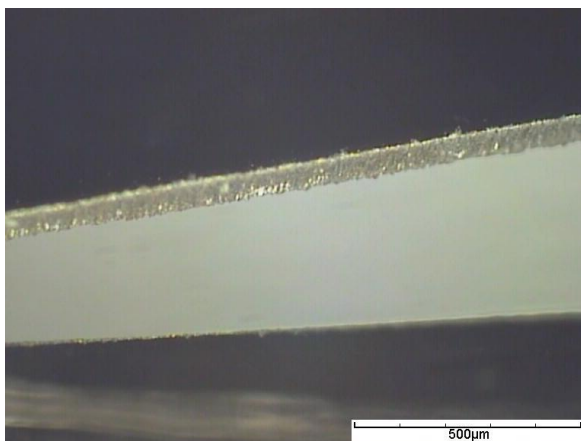


Figure 27 : Echantillon 9, vue de côté.



Figure 28 : Echantillon 10, vue supérieure.

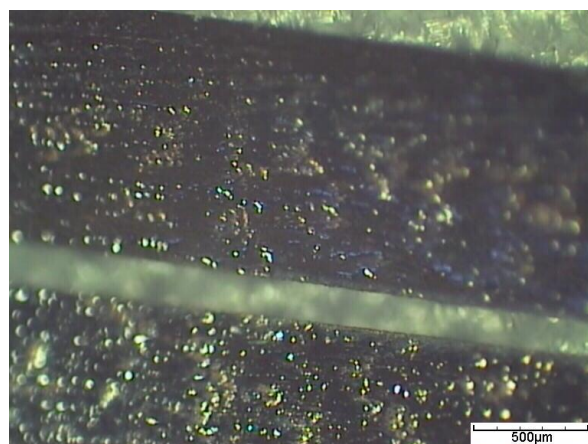


Figure 29 : Echantillon 10, vue inférieure.

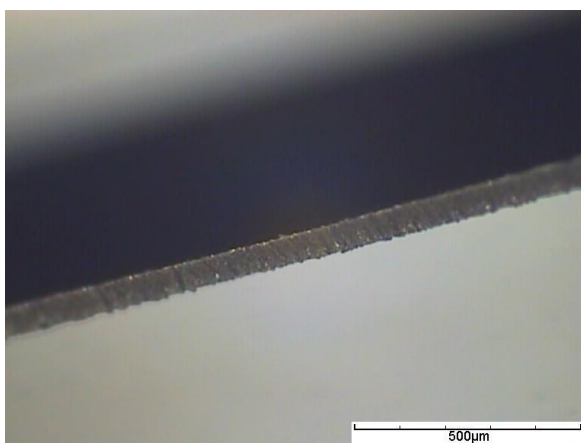


Figure 30 : Echantillon 10, vue de côté.



SYNOVA

Ch. Dent-d'Oche
CH-1024 Ecublens
Suisse
www.synova.ch

RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 1410-3

Echantillon No: 2.2.1511

CONFIDENTIEL

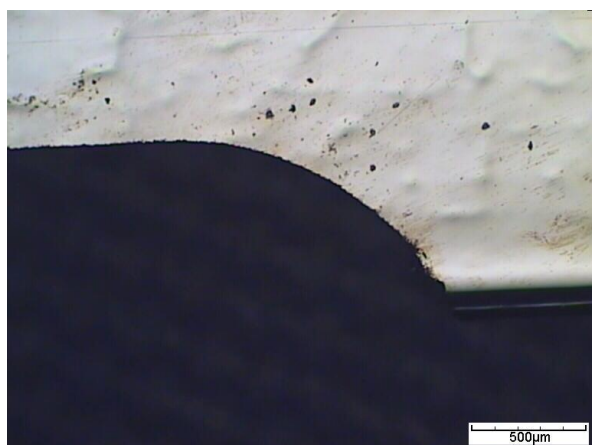


Figure 31 : Eprouvette, vue supérieure.

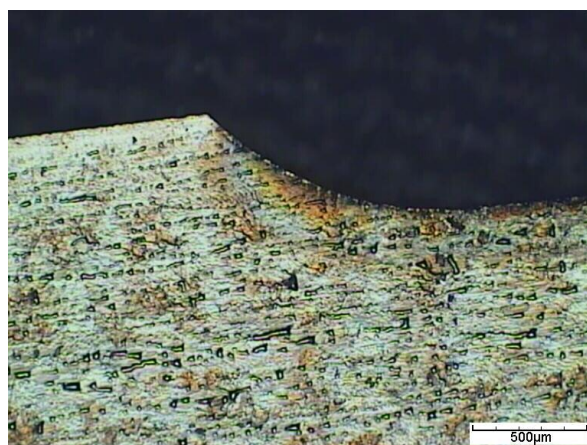


Figure 32 : Eprouvette, vue inférieure.

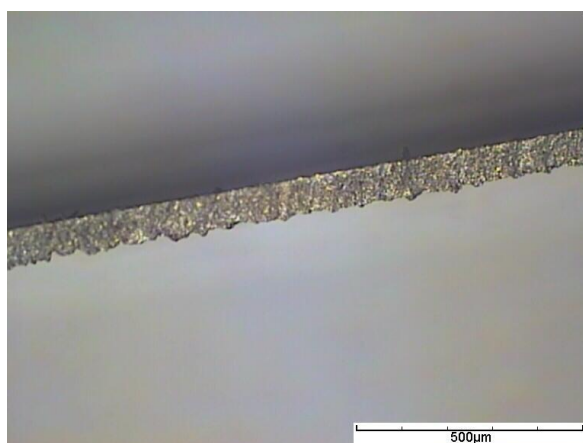


Figure 33 : Eprouvette, vue de côté.



Figure 34 : Pièce complète, vue supérieure.

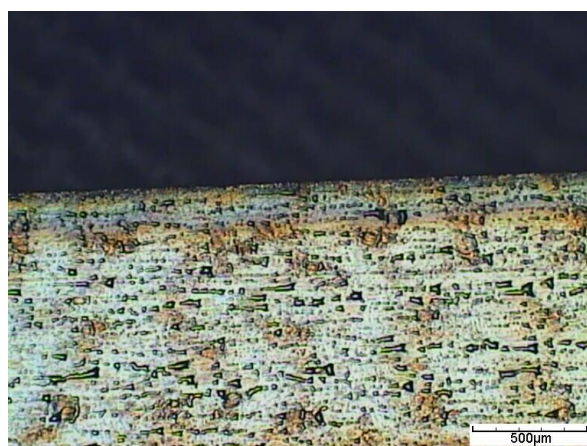


Figure 35 : Pièce complète, vue inférieure.



SYNOVA

Ch. Dent-d'Oche
CH-1024 Ecublens
Suisse
www.synova.ch

RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 1410-3

Echantillon No: 2.2.1511

CONFIDENTIEL

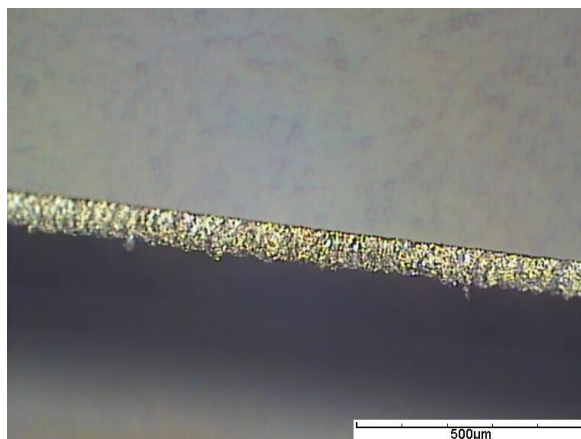


Figure 336 : Pièce complète, vue de côté.

5. CONCLUSION

Les découpes de pièces ont été réalisées sur une machine SYNOVA LCS 300 et une LSS 800. Ces machines utilisent la technologie du Laser MicroJet[®] et combinent les avantages du laser pulsé à haute énergie avec les propriétés de guide d'ondes et de refroidissement apporté par un jet d'eau de moins de 50 µm de diamètre. Le laser est utilisé pour l'ablation du matériau. Le jet d'eau guide le faisceau laser, refroidit le bord de découpe et évacue les particules sublimées.

Cette nouvelle application permet de montrer les résultats suivants:

- Il est possible d'obtenir une plus faible rugosité sur les flancs de coupe tout en minimisant/éliminant l'« effet gouttelette » en utilisant un laser à « pulses courts ».
- Il sera difficile d'enlever l'« effet gouttelette » avec un laser à « pulses longs » car l'interaction laser-matière est trop importante et génère des bavures.
- Des vitesses > 20 mm/s sont possibles en utilisant un laser à « pulses courts ».
- Plus de bavures sont visibles lorsque la pression utilisée pour la découpe est faible (< 300 bar).
- La rugosité est liée à la vitesse de découpe, à l'énergie de pulse et à la taille des pulses utilisés. (les échantillons 5 et 6 présentent un Ra ~0.5 µm). Une haute vitesse avec des pulses longs et une énergie de pulse élevée génère un Ra élevé.
- La faisabilité de découper une « pièce complète » a été démontrée sous réserve d'avoir un bon système de fixation à disposition.
- Le support en verre ne semble pas impacter la qualité de la découpe.
- Un système de posage doit être développé pour être en mesure d'effectuer les prochains tests dans de « bonnes » conditions.

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  <p>SYNOVA Ch. Dent-d'Oche CH-1024 Ecublens Suisse www.synova.ch</p> | <h1>RAPPORT D'APPLICATION</h1> | <p>Rapport No: 1410-3 Echantillon No: 2.2.1511</p> |
| | | <p>CONFIDENTIEL</p> |

Nous vous remercions pour l'intérêt que vous portez en notre technologie et espérons que nos résultats sont en accord avec vos exigences. Nous vous contacterons très prochainement afin d'obtenir un retour sur ces essais pour partager nos résultats d'analyses et ainsi discuter avec vous des prochaines étapes.