

彫刻ロールの高度レーザー加工技術に関する研究開発（第2報）

— 彫刻ロール表面の特性評価 —

材料科 材料スタッフ 大竹正寿* 八木淳一**
村田ボーリング技研株式会社 村田省三

Research and development on advanced laser engraving of micro-patterns on roll surfaces (2nd report)

- Surface morphology characterization of engraving ceramic roll -

Masatoshi Otake, Jyunichi Yagi and Shozo Murata

Engraving ceramic roll is widely used as flexographic anilox roll or other coating applications such as alignment layer for liquid crystal. Cr_2O_3 was sprayed on the surface of steel roll, and then the roll was engraved by fiber laser combined with an electro-optic modulator and its control units. Surface morphology characterization of this roll was conducted by confocal laser scanning microscope and scanning electron microscope. The results obtained were as follows:

- (1) Surface of ceramic roll was engraved by fiber laser, but also caused some cracks, tiny pits and mass of molten Cr_2O_3 .
- (2) Cell depth was directly proportional to energy by laser irradiation, which permits the control of cell depth.
- (3) The stable and precise cells in 1000 line/inch were obtained, but for processing of smaller cells, higher performance laser system will be needed.
- (4) Defocus laser irradiation caused melting and solidification without processing, which imply the improvement of thermal sprayed coating.
- (5) From raman spectroscopy, it was considered that residual stress was not changed by laser irradiation.

1. はじめに

彫刻ロールを使った液晶の配向膜塗布により、液晶パネルが盛んに製造されており、需要の急増および大型化が今後も見込まれている。ところが、大型液晶パネル用の大型のロールをレーザー加工¹⁾するのに、セルが均一に加工できない問題点があり、大型化する液晶パネル生産のネックになっている。一方、印刷用途でも、印刷品質の向上を背景にロールのセルサイズは高精細化の傾向にあるが、高精細なセルの加工は技術的に難しく、歩留まりが悪い。本研究では、上記の問題点を解決することを目的に研究を進め²⁾、国内で初めての彫刻ロール用レーザー加工装置を試作した。本報では、この装置で加工した、ロー

ル表面について、特性評価を行った結果を報告する。

2. 方法

2.1 溶射原料粉体、溶射、レーザー加工

溶射原料粉体として酸化クロム (Cr_2O_3) を用い、図1に示す彫刻テスト用小型ロール ($\phi 50\text{mm}$ 、長さ 60mm) の表面にプラズマ溶射を行った。その後ロールを研磨し、様々な条件でレーザー加工を行った。原料粉体、および溶射・研磨後のロール表面の電子顕微鏡写真を図2に示す。原料粉体は突起のある不規則な形状で、粒度分布による測定では、平均粒径： $17.1\mu\text{m}$ 、標準偏差 $2.3\mu\text{m}$ の粒度特性を持っていた。また、ロール表面には、元の粒子の形状は認められ

*) 現 環境科 **) 現 化学材料科

ないものの、1~5 μm 程度の大きさの気孔が多数見られた。表面粗さは $Ra=0.8\mu\text{m}$ である。

2. 2 彫刻後の表面形状評価

加工したロールを適当な大きさに切断し、レーザー顕微鏡（オリンパスOLS3000）および走査型電子顕微鏡（㈱日立ハイテクノロジーズ製 S-3700N）を使用して測定および観察を行った。

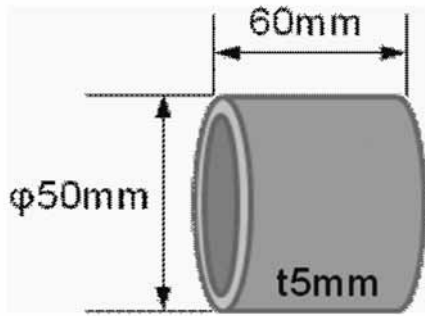


図1 彫刻テスト用小型ロール

2. 3 ラマン分光分析

溶射原料粉体、溶射後のロール表面、レーザー加工後のロール表面の3つについて、レーザーラマン分光分析装置RAMANOR-U-1000（Jobin Yvon社製）を使用して、分析を行った。なお、測定条件は次の通り。走査範囲：500-600 cm^{-1} 、ステップ幅：0.2 cm^{-1} 、ゲートタイム：1sec、レーザー出力：300mW、スリット幅：400 μm 、光学系：マクロ。

3. 結果

3. 1 セル形状

レーザー彫刻したセル表面および断面（右）の電子顕微鏡写真を図3に示す。セルは、勾配が急な穴とその周りのなだらかな部分でできており、レーザーによる急激な反応で生じたと考えられるクラックやピット、溶融物が見られた。また、 Cr_2O_3 溶射膜の硬さはHV800程度で、レーザー加工後のセル底が若干硬

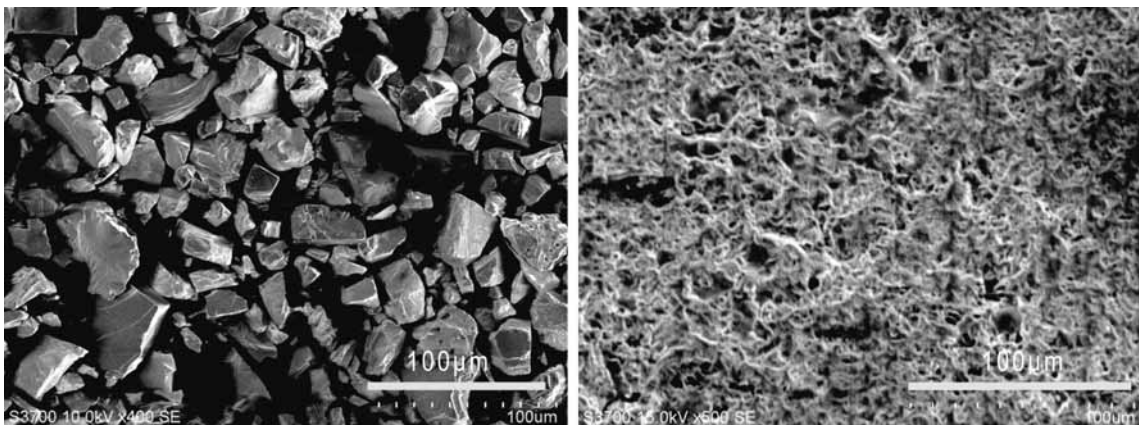


図2 酸化クロム原料粉体（左） および 溶射後のロール表面（右）

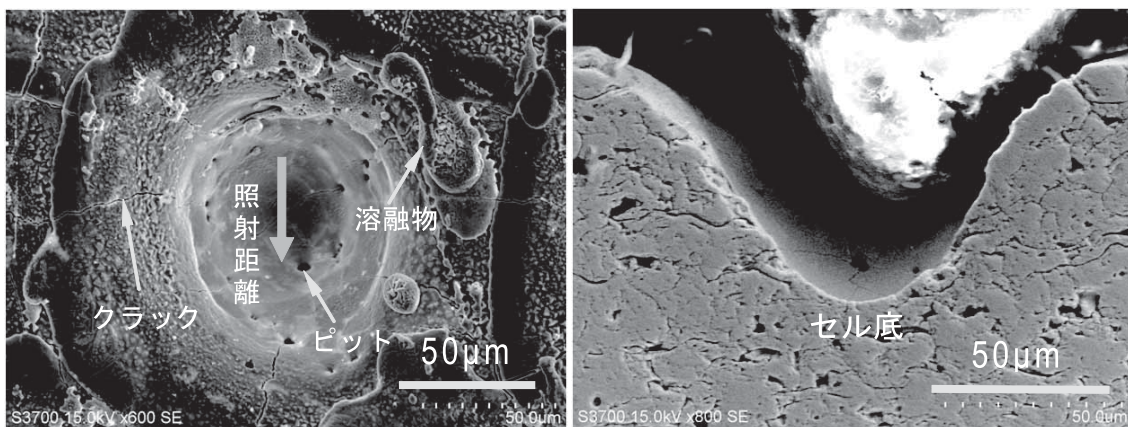


図3 レーザ彫刻後のセル表面（左）および断面（右）

【報告】

くなる傾向が見られた(図4)。

3. 2 セルの深さとパラメータの関係

セル深さと加工パラメータの関係を調べた結果を図5(a)~(d)に示す。セル深さが150 μm 以下の加工では、セル深さはレーザー出力に比例して大きくなっ

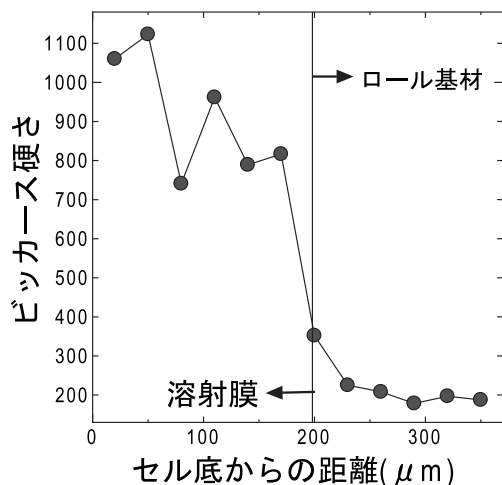


図4 加工後のロール断面硬さ

た(a)。また、デューティ比(パルス照射時間/パルス周期)を一定にした場合、セル深さはロール回転数およびパルス周波数に反比例した(bおよびc)。さらに、これらのデータについて、セルに照射したエネルギーとセル深さの関係に計算し直してみると、セル深さは照射されたエネルギーにほぼ比例して増加していることがわかった(d)。特に、セル深さが150 μm 以下では、セル深さと照射エネルギーは比例した。

得られた知見から、ロールの回転数を変化させて、セル深さをコントロールした例を図6に示す。このように、デューティ比を一定にすることにより、回転数や周波数が変化してもセル形状を一定にしながら、セル深さを変化させることが可能である。

3. 3 高精細加工

通常300 line/inch程度の細かさで行っている加工に対して、さらに細かい1000および1250line/

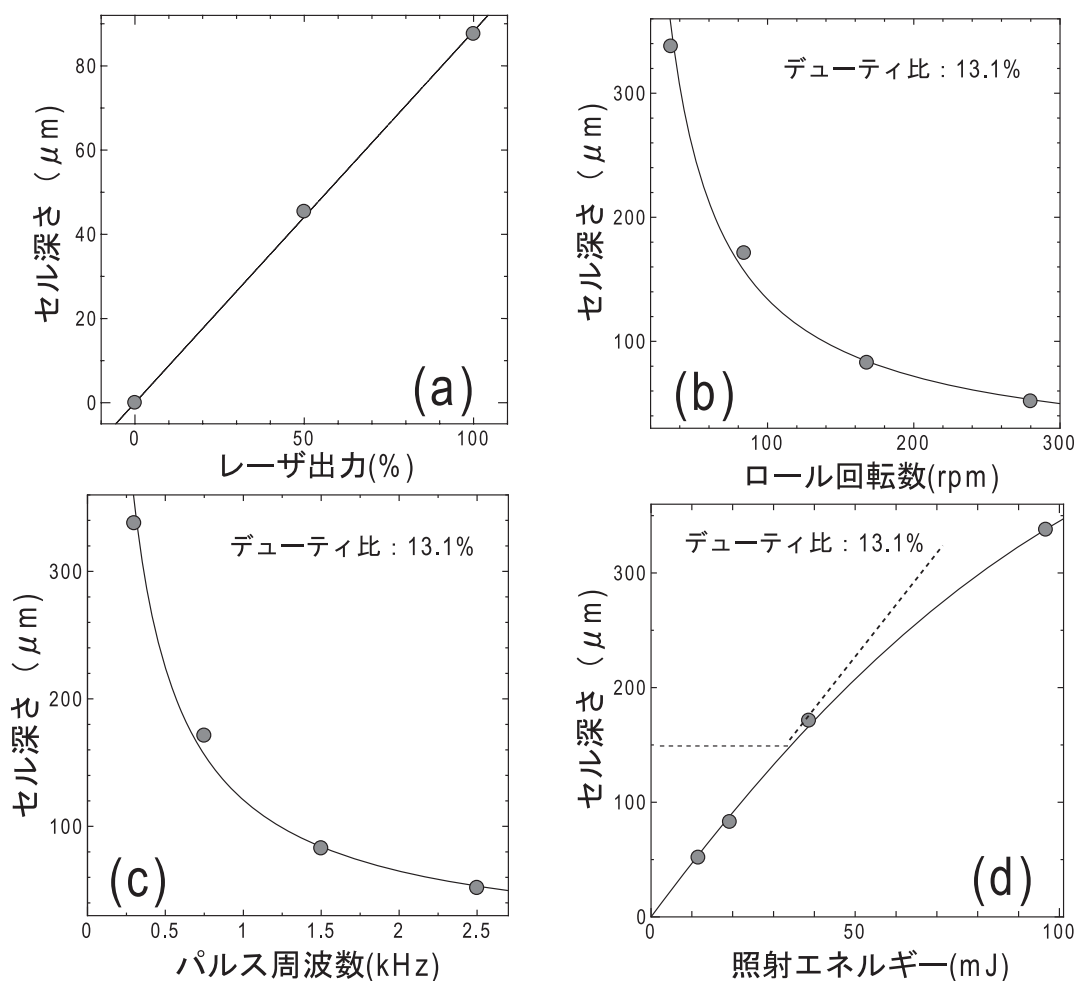


図5(a)~(d) セル深さと加工パラメータの関係

【報告】

inchで加工を行った(図7)。1000line/inchまでは、実用上使用できるレベルの彫刻パターンが得られている一方、1250line/inchでは、境界の消失・セル形状の不均一性が見られた。このように、1000line/inchを超える彫刻線数においては、安定な加工を行うには装置の改良が必要であることが分かった。

3.4 デフォーカス照射

レーザー光のノズルを遠ざけてデフォーカス照射した場合の、表面粗さRaの変化を測定した(図8)。照射前の表面粗さは $Ra=0.8\mu\text{m}$ で、レーザーを照射しても表面粗さを変化させないためには、7mm遠ざける必要があることがわかった。次に、このような出力を抑えた条件でレーザー照射を行った、溶射皮膜表面(照射前後)を図9に示す。溶射前には研磨キズが確認できるが、レーザー照射を行うと、表面の溶融・再凝固によって研磨キズが消え、小孔とクラック

クが生成された。このように、レーザー照射条件をコントロールすることによって、表面形状を変えずに溶融させることができた。このことは、今後の溶射皮膜改善の可能性を示すものである。

3.5 ラマン分光分析

溶射原料粉体、溶射後のロール表面、レーザー加工

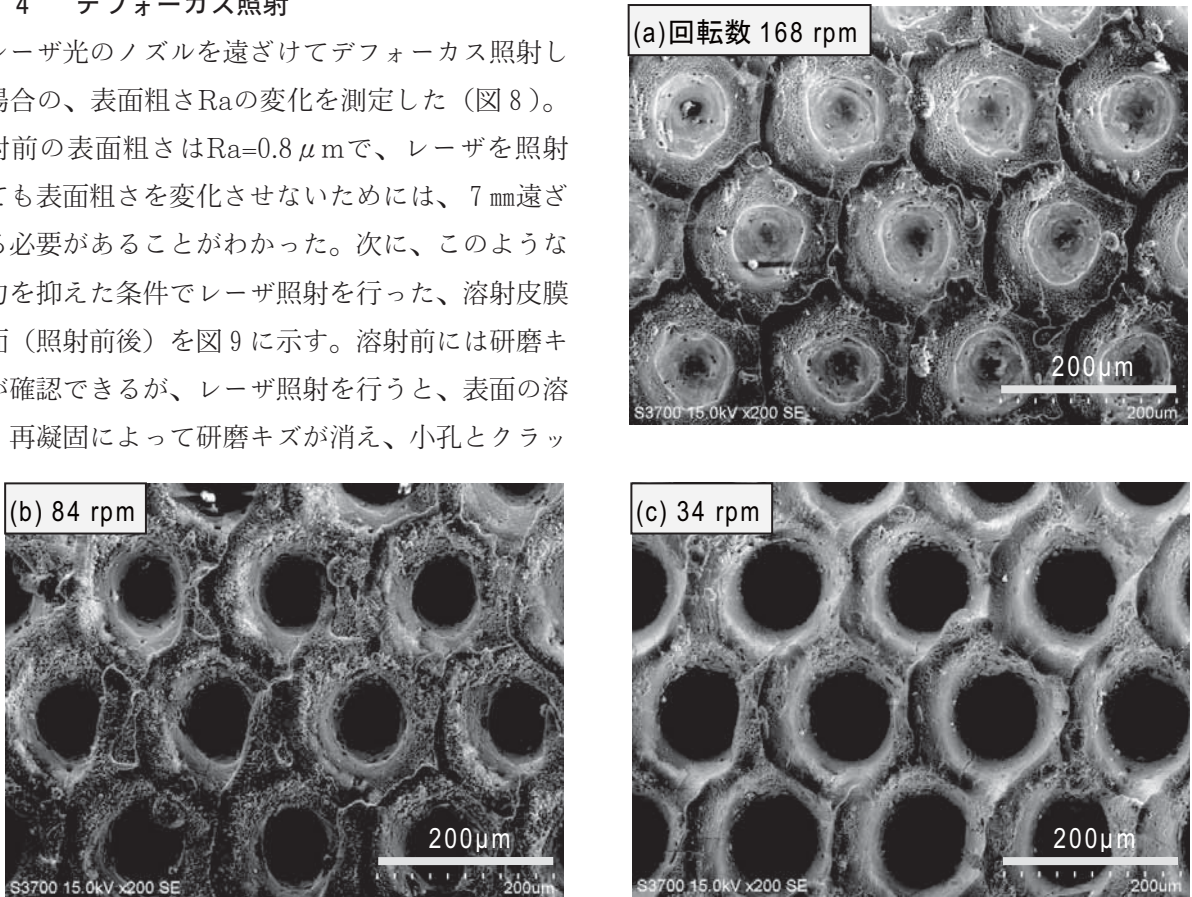


図6 ロール回転数を変化させて加工したロールの表面

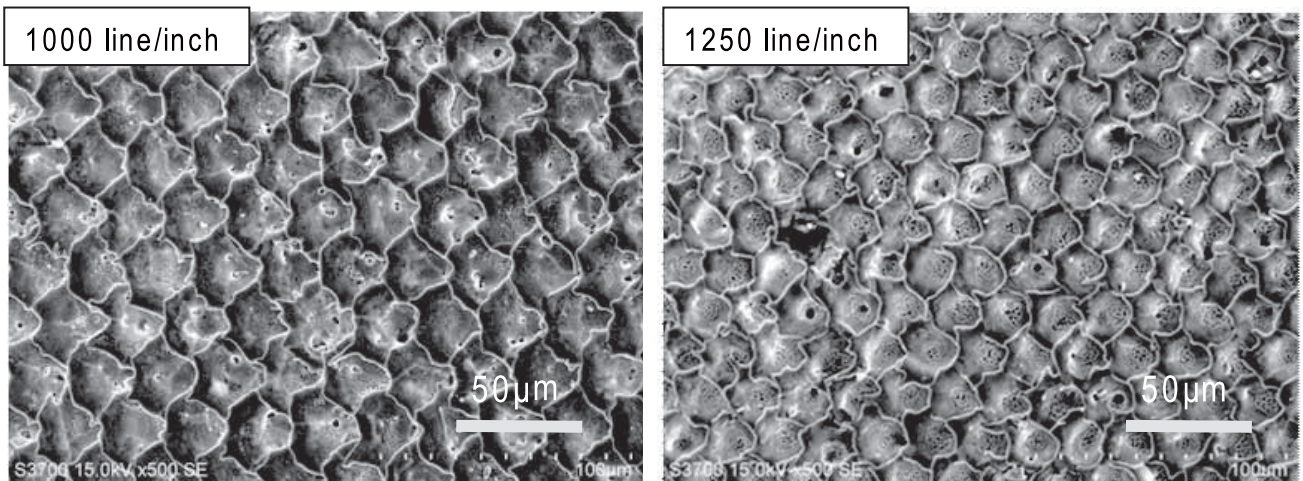


図7 高精細加工したロールの表面

後のロール表面の3箇所について、レーザラマン分光分析を行った結果を図10に示す。 Cr_2O_3 由来のラマンピークシフトが 500cm^{-1} あたりに観測されたが、レーザ照射前後でロール表面は変化がないのに対して、溶射原料粉体は、ピークの位置が低波数側にシフトしていた。ラマンピークは、引張応力が作用して原子間隔が広がると結合力が弱まるので、フォノンの振動数が小さくなってラマンピークは低波数側にシフトする。一方、圧縮応力が作用する場合は、この関係は逆になる³⁾。今回の測定では、レーザ照射前後でピーク位置に変化がなかったことから、レーザによる残留応力(ひずみ)の変化はなかったと考えられる。

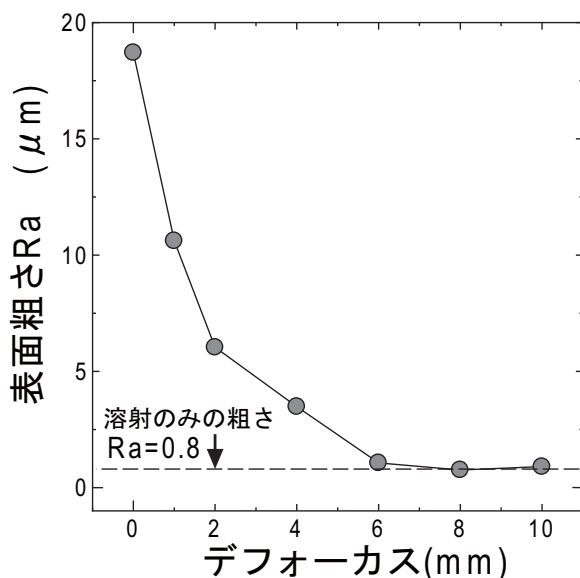


図8 デフォーカスして照射したロールの表面粗さ

4. まとめ

Cr_2O_3 溶射皮膜をコーティングしたロールに、パルスレーザを照射し、表面を凸凹加工(彫刻)した後の表面特性を測定した。得られた結果は次の通り。

- 1) 彫刻されたセルには、レーザ照射で生じたと考えられるクラックやピット、溶融物が見られ、形状変化だけでなくさまざまな物理的变化を受けていた。
- 2) レーザ照射により、セル深さが $150\mu\text{m}$ 以下の加工では、セル深さと照射エネルギーは比例した。このことを応用し、セル深さを定量的にコントロールすることが可能となった。
- 3) $1000\text{line}/\text{inch}$ を超える高精細な彫刻を安定に行うためには、装置の改良が必要であることが分

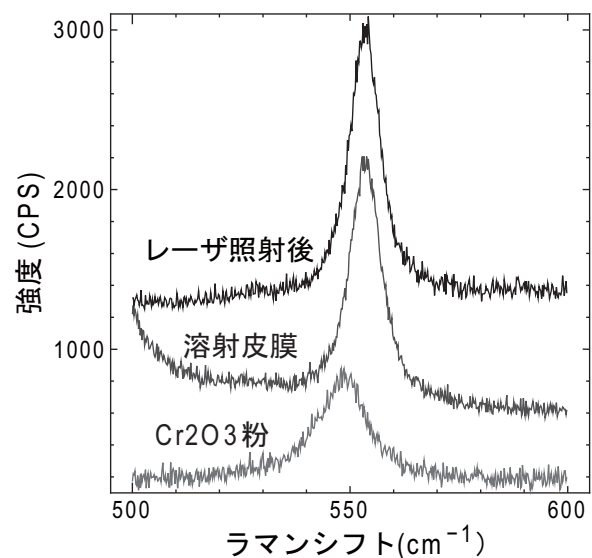


図10 ラマンスペクトル

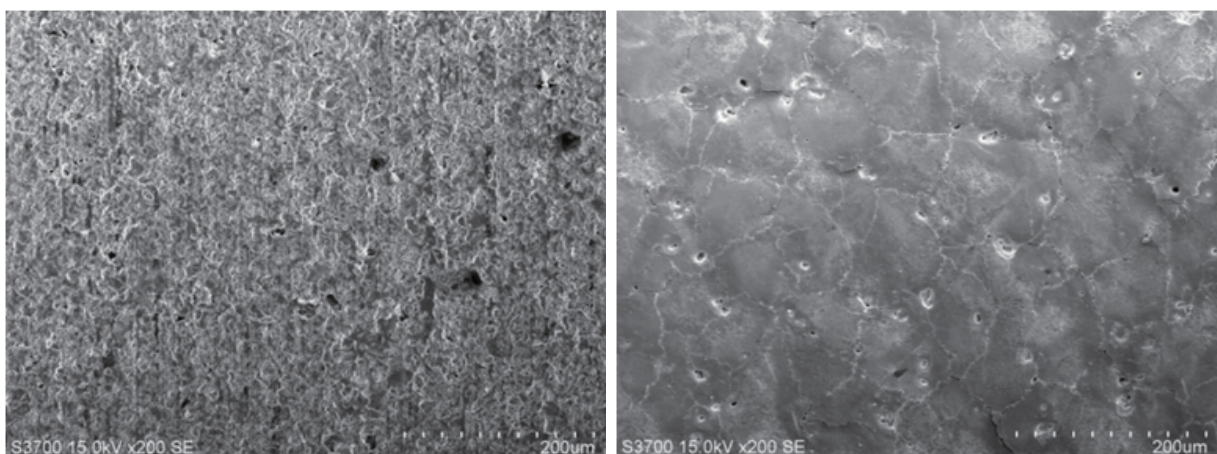


図9 溶射皮膜(レーザ照射前)と、デフォーカスして照射した皮膜

かった。

- 4) ビームを離してデフォーカス照射することにより、小孔、クツラクはあるものの、加工を抑えて、ロール表面を溶融・再凝固させることができた。これは、溶射皮膜改善の可能性を示唆するものである。
- 5) ロール表面のラマン分光分析より、レーザー照射により、残留応力の変化はないことが推定された。

参考文献

- 1) 新井武二：はじめてのレーザープロセス，工業調査会（2004）
- 2) 大竹正寿他：静岡県工業技術研究所 研究報告，No.2, 20-25（2009）
- 3) 伊藤忠他：豊田中央研究所R&Dレビュー，Vol.24, No.4, 44（1994）