反転オフセット印刷における歪近接効果

Proximity Deformation Effect in Reverse Offset Printing

産総研 FLEC[1] ○日下 靖之[1], 牛島 洋史[1]

AIST[1], ○Yasuyuki Kusaka[1], Hirobumi Ushijima[1]

E-mail: y-kusaka@aist.go.jp

反転オフセット印刷は、シリコーンゴム(PDMS)シート表面に一様にインク膜を形成し、半固化するまで乾燥待機したのちにインク膜の不要部分を凸版凸部に転写除去することによりパターンを形成する手法であり、PDMS に残留したパターンを被印刷体に転写することで印刷を完了する。PDMS は工程毎に凸版または被印刷体と接触するため、本研究では、PDMS シートの接触力学モデルを用いて、反転オフセット印刷における接触変形の影響を調査した。幅 $2b$ の平坦な圧子によってヤング率 E、ポアソン比 ν、厚み d の弾性体シートが受ける変形は下記のモデルで記述でき、その垂直変形量 $u_z(x)$は、

$$E_r u_z(x) = \int_{-b}^{b} p(x') Y\left(\frac{|x-x'|}{d}\right) dx'$$

$$Y(\xi) = \frac{2}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{K_1 \sinh(2\alpha) - 2\alpha}{K_1 \cosh(2\alpha) + 2\alpha^2 + K_2} \cos(\alpha\xi) \frac{d\alpha}{\alpha}$$

で表される。ここで、$E_r = E/(1-\nu^2)$、$K_1 = 3-4\nu$、$K_2 = K_1 + 2(1-2\nu)^2$、$p(x)$は圧力分布である。非圧縮性 ν=0.5 として計算した PDMS の局所的な変形（谷幅 x_v と鈴型隆起位置 x_p）は、PDMS 厚み d と凸部の大きさ b によって見通しよく無次元化して整理できることがわかった。また、直接観察による鈴型隆起位置、上記数値モデルの計算結果および有限要素法によるシミュレーション結果は良好に一致した（図 1）。

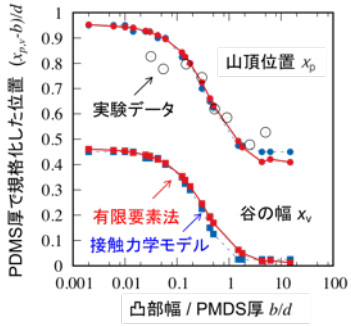

Fig. 1 The deformation characteristics of PDMS sheets upon a contact with flat punches.

次に距離 s で隣接する非対称な凸部パターンと PDMS が接触したときに生じる PDMS の水平変形を有限要素法によって解析した結果を図 2 に示す。凸部が極近傍で隣接する場合(s = 5 μm)、大パターンによる変形が小パターン直下まで発達し、小パターン直下の接触界面において大きなずり変形が生じるのに対して、パターン間距離が離れている場合(s = 50 μm)、各凸部は孤立圧子のように振る舞うことがわかった。

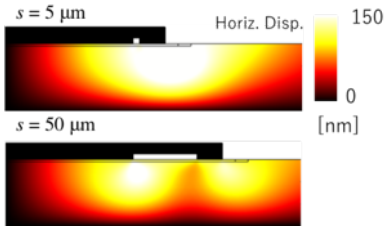

Fig. 2 The distributions of lateral deformation of PDMS sheets upon a contact with flat punches.

図 3 に示すような非対称パターンを用いて反転オフセット印刷を行ったところ、寸法インテグリティの悪化傾向はシミュレーション結果と定性的に一致した。すなわち反転オフセット印刷においては、PDMS の接触変形を介して近接するパターンが影響を及ぼしあう現象(歪近接効果と呼ぶ)が発生することを見出した。これは PDMS の垂直方向の圧縮変形が水平方向の伸張によって補償されることにより、インク膜と凸部の接触面にずり応力が発生した結果、インク膜が局所的に削り取られてパターンが変形したものと考察される。

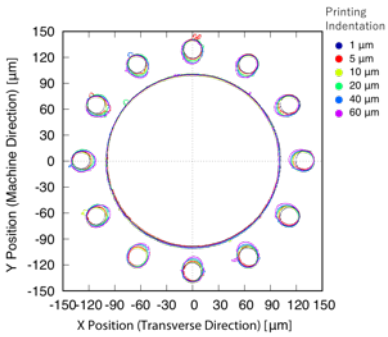

Fig. 3 Distortion of silver nanoparticle patterns printed by reverse offset printing with various printing indentations.

© 2019年 応用物理学会