

# PA-13 : 樹脂スリーブへのレーザー彫刻製版「樹脂凹版」の製造、印刷

西山 聡

株式会社プリントプロ

〒577-0033 大阪府東大阪市御厨東1丁目4-36

info@pripro.jp

Laser sculpture plate-making to a resin sleeve; Production and Printing of "Resin Intaglio"

Satoru Nishiyama

Print Pro. Co., Ltd.

1-4-36, Mikuriya-Higashiosaka-city, Osaka 577-0033 Japan

## 概要

従来の金属グラビア版に対し、樹脂スリーブ上にレーザー彫刻を施し、製版を行った「樹脂凹版」について報告する。樹脂材料は、(1)耐水・耐溶剤性、(2)ドクタリングに適応する表面の硬度や粗度、(3)レーザー光による微細な描画要求に適応する自由度などの特性をクリアすることに着眼点をおき、設計・開発した。この「樹脂凹版」は、金属グラビア同様、紙・プラスチックシートへの印刷はもちろんのこと、易破壊性の素材（例えば、ガラス基板）への印刷が可能であり、用途の拡大が期待できる。我々は、この材料を版材として用い、一般グラビア印刷や銀ペーパーストなどのエレクトロニクス分野への印刷試験に供したため、その結果を報告する。

## Abstract

We'll be different from a conventional metallic gravure printing plate, and report the "resin intaglio" a laser engraved in a surface of a resin sleeve. Resin material was to elucidate the following viewpoint, and design and development was done. (1)Water resistance and solvent resistance. (2)Surface hardness and degree of roughness suitable for a doctor blade. (3)The degree of freedom which fits minute drawing of a laser beam. This "resin intaglio" can be printed to paper and plastic sheet like a metallic gravure. And it's possible to print to the material which tends to break (for example, glass substrates), and expansion of the use can be expected.

## 1. はじめに

我々は凹版印刷、グラビア印刷用の版材（以下、金属グラビアと言います）を樹脂材料で適応可能か試みた。背景として、金属グラビアに関する腐食薬品などの取扱い<sup>1)</sup>、薬品使用量に対する廃液の取扱い<sup>2)</sup>、湿式製造による凹部の安定性<sup>3)</sup>、易破壊性基材（ガラス基板など）への印刷不適合などの課題に対し、2012年より樹脂凹版用版材の開発に着手した。

樹脂凹版用の版材の開発が進み、専用彫刻機を2014年に導入し、さらに樹脂凹版の研究、製造方法の確立を進めてきた（2014年特許出願済み）。

今回、樹脂凹版用版材を巻付けた樹脂スリーブにレーザー彫刻製版を行った「樹脂凹版」をグラビアインキによる印刷および、金属ペーストなどの機能材料ペーストによる凹版印刷を行った。この結果を検証し、「樹脂凹版」の適応性を報告する。ここでグラビア印刷、凹版印刷の定義は省略させて頂くが、本報告では、写真・画像を微細なセルで作成し、セルの容量でインクの濃淡を表現する印刷をグラビア印刷と言い、一定の定型線、回路線を彫刻描画によって溝を生成し、主に一定の線パターンを製造する印刷を凹版印刷という。

## 2. 樹脂凹版の製造

「樹脂凹版」を開発する際の版材に関する設計として、以下のような特性を検討した。

（ドクタリングを満足する硬度／版かぶりが起きない表面粗度／インク・ペーストが受理・転写継続可能な耐溶剤性／レーザー描画に適応する材料配合／エンドレス印刷が可能な版接合）

以上の特性を適宜満足させた版材は、

（「ESシリーズ」有機溶媒対応／「WAシリーズ」水系溶媒対応／「SSシリーズ」特殊溶媒（NMP）対応）として絞り込み、開発することができた。今回は、ESシリーズを中心に説明する。

樹脂凹版用版材「ES シリーズ」は、金属ペーストなどに含まれるエステル系溶剤 (PGMEA など) に対して、膨潤率 (重量変化率) が低く、版凹部に受理されたペーストが基材に転写される印刷のサイクルが継続して成立する。ここで版材の膨潤率が高い場合、ペースト溶媒が版材に取り込まれ版の形状が保持できず、ドクタリングができない。その結果、版表面にペーストがまとわりつき (版かぶりなど)、印刷・パターンニングができない。さらに凹部にペーストの不揮発分が堆積し続け、ペースト詰まりにより転写ができない (Fig. 1 参照)。

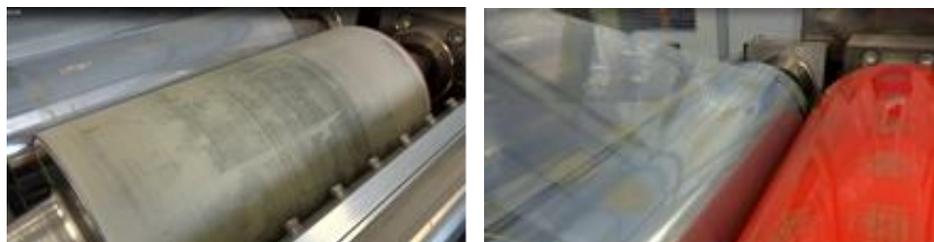


Fig. 1 版かぶりの例 (左)、正常時の例 (右)

ここで、材料の開発とともに、製法の開発も行ってきた。樹脂材料による凹版の製法は多くの研究結果がある<sup>4)</sup>。一般的には液状のゴム・樹脂材料を芯材に巻き付け、成形し、表面を研磨後、パターン部のエッチングや彫刻を行っている。研磨したことで非凹部に細かい溝が生成され、ここにペースト成分が保持され、版かぶりなどが生じる。その結果、印刷・パターンニングができない。我々は、感光性樹脂を用い、厚み精度を面内 30 μm 以下で、かつ表面が平滑であるシートを作成し、このシートを既製の強化プラスチックコアに巻き付け、シート端部を接合することで、研磨された表面よりも平滑である樹脂シリンダーを作成した。この樹脂シリンダーに高解像度の CO2 レーザーによる彫刻を施し、凹版印刷することで、非凹部には研磨溝がないため、ペーストが版表面に保持されることなくドクタリングができ、ペーストの受理・転写のサイクルが継続した。

樹脂凹版の特徴は、既製の強化プラスチックコアを使用したことにより、エアシリンダー、エアーマンドレルへ樹脂凹版を直接挿入することで印刷が可能になることから、版交換が容易になる。従来の金属グラビアのように鉄芯からめっき、彫刻 (レーザー、ダイヤモンド彫刻など)、表面処理などを経て版を作成し、リフターなどで重量物である版を交換するよりも大変簡便な製法であるといえる。

また、版材に樹脂材料を用いたことで、硬度を変化させることができ、紙・プラスチックへの印刷・パターンニングだけでなく、易破壊性のガラスなどにも印刷ができ、エレクトロニクス分野を含め用途が大きく広がる期待がある。

レーザー彫刻によるパターンの一般的な精度、形状については、Table1、Fig2 に示した。まず、一般印刷などに使用されるグラビア網は 50 線~400 線相当の彫刻が可能である。再現する濃度は、レーザーパワーにより調整しながら広域にわたって再現可能である。次に電気回路などのパターンニングに使用する線幅は、50 μm を最少線幅に位置付けているが、最近の製造条件の改善などにより、20 μm の線幅までは可能なことが分かった。その結果、R や σ 値も改善された (例: 設計 40 μm では R=4.547、σ=1.6931)。パターンの形状は、丸みをつけた線パターン、円や四角、ハニカム形状のドットパターンなど様々なパターンを同一面内に施すことが可能である。もちろん異なる線幅を同一面内に施すことも可能である。

また、電極、端子などのベタ面印刷の場合は、一般印刷で行われているような微小なセル (グラビア網など) を設け、膜ムラが生じないように工夫し設計を行う。彫刻後の深度は、平均して 20 μm である。また、レーザーパワー、設計線幅などにより、必要な抵抗値を得るために (浅いから深い範囲の) 深度を作成する。

Table1 彫刻後の線幅の一例 (補正なし。単位 μm)

設計値	平均値	R	on-1
10	9.747	1.800	0.7961
20	18.596	3.128	1.5742
30	27.582	1.254	0.4763
40	38.018	8.211	3.2378
50	44.105	3.631	1.5111

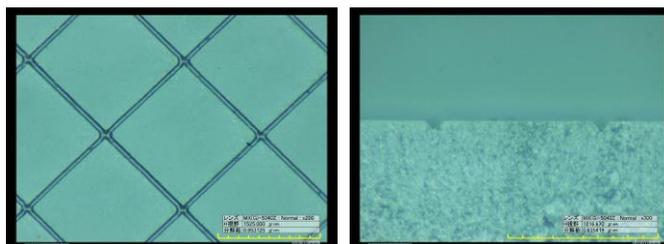


Fig. 2 彫刻例 (設計線幅 20μm。彫刻外観: 左、深さ: 右)

### 3. 印刷試験

我々が所有する印刷機は、ペクサンセルテック株式会社製の多目的微細印刷装置である（以下、複合型印刷機という）。印刷機の基本仕様および樹脂凹版の一般的な印刷条件は下記表に示した。

Table2 複合印刷機の基本仕様

印刷速度	最大20m/分
有効印刷幅	300mm(枚葉印刷の場合、300×300mm)
有効基材厚み	0.5mm～4.0mm
印刷方式	凹版印刷、フレキシ印刷(切替作業でセットする)、および枚葉印刷、ロールツーロール印刷
移動繰返し精度	±20μm

Table3 樹脂凹版の一般的な印刷条件

	グラビア印刷	凹版印刷
基材	コート紙、PET、ラミ付レーヨン紙	ガラス基板、PET(板材、シート各種)、セラミック、プリント基板用(エポキシなど)樹脂版
インキ・ペースト	大阪印刷インキ製、グラビアインキ(表、裏刷り用など)	金属(銀、銀ナノ、銅ナノ、カーボン)ペースト、有機導電性(PEDOT)ペースト、機能性ペースト(拡散剤、感光性絶縁剤など)
ドクター	PET	PET、SUS
速度	20m/分(装置最大値)	2～20m/分

以上の条件を印刷結果の求める印刷仕様に合わせて適宜選択、組合せを行った。

印刷時は枚葉印刷の場合は都度基板を乾燥炉で乾燥し評価できる。ロールツーロールの場合は、インクの乾き特性によって異なるが、巻き取りまでの乾燥長が約1.2m(状況により最大4m)のため、通常は印刷終了部をカットの後に乾燥炉で乾燥し評価した。

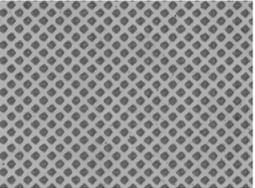
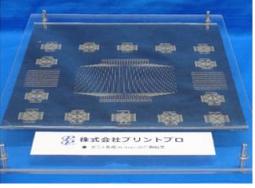
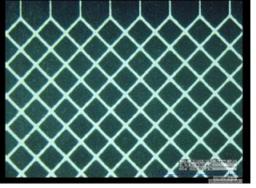
ここで、適正なインキ・ペーストの特性であるが、一般グラビアインキでは乾きが早く、転写ができない。ただし、印刷速度が20m以上の従来の印刷機での印刷の場合、(一般グラビアインキの配合で)印刷できる期待はある。しかしながら、我々の印刷設備では遅乾溶剤を配合して低速(所有印刷機での最大速度)での印刷は確認済みである。機能性材料によるペーストは、機能優先であるため、配合が限られている。しかしながら、(一般印刷と比較する程度の)低速印刷が許容されると判断し、スクリーン印刷で使用されている高粘度ペーストより半分以下の粘度(10000mPa・sまでの)であれば印刷・パターンニングは可能であった。

また、細線のパターンニング重視であるか、塗膜の平滑性重視であるかによってペーストのレオロジーが関わるようである。細線重視であるとペーストのせん断をアップさせる配合が良い。平滑性重視であるとペーストの濡れ性をアップさせる配合が良い。最終的には、印刷時の版の基材への押込み量、印刷速度などを組み合わせて総合的に(インキ・ペーストの物性の)調整を行うことになる。

### 4. 印刷結果

グラビア印刷および凹版印刷の結果を下記に示す。版外観、彫刻外観、印刷外観、拡大図をそれぞれ示した(Table4参照)。

Table4 樹脂凹版の試験結果(一例)

	版外観	版拡大図	印刷外観	拡大図
グラビア印刷				
凹版印刷				

グラビア印刷では、金属グラビア印刷と比較しても、同様の印刷結果であると判断した。課題は、耐刷性である。今後、ロングラン印刷を継続していく。現在のデータは20m/分(所有装置の最大速度)で積算3時間(約5700ショット相当)では版の損傷はない。

凹版印刷について概要を下記に示す。

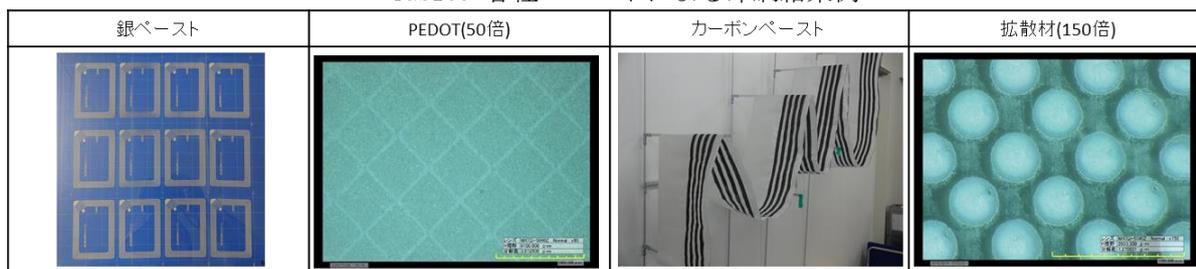
・銀ペーストによる印刷結果 (Table4 参照)。300mm 角のガラス基板内に均等に再現されている。膜厚は 3μm である。ロールツーロールも可能で、量産適応を見据えた試験を進めている。厚膜を要する印刷にも対応可能である。タグアンテナなどの印刷結果を示す (Table5)。膜厚分布は 4 から 6μm であり、抵抗値は 300 から 350Ω (一定端子間) であった。このことから、樹脂凹版の安定した印刷特性が判断できる。

・PEDOT による印刷結果。PET シート上にロールツーロールで印刷した結果を示した (版材は SS シリーズ)。パターンニングした試みは少ないが、透明材料配線用途に期待がある。

・カーボンペーストによる印刷結果 (版材は WA シリーズ)。導通機能を利用したセンサー用電極の作成試験として行った。版の接合部が印刷されないため、ロングラン (エンドレス) 印刷が可能な例である。医用向け表示 / オン・オフセンサーなどの用途に期待がある。

・拡散材による印刷結果。ドットやベタパターンが可能なことから、照明の拡散用途に期待がある。

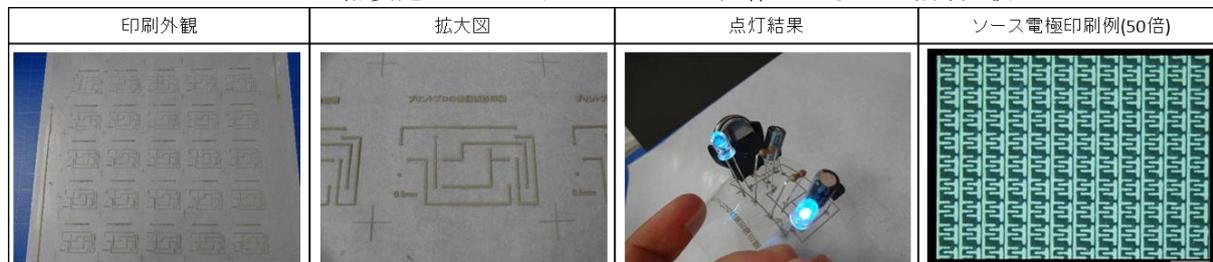
Table5 各種ペーストによる印刷結果例



### 5. 通電・点灯試験

これまで得られた結果をもとに、通電確認を工作キットなどの利用により、凹版印刷の有効性を検証した。Table6 のように、通電可能な配線印刷が可能であると判断できる。また細線印刷も可能なことから、有機半導体等のパターンニングも期待できる (Table6 のソース電極印刷例参照。ピッチ 0.5 mm 角の素子を参考)。

Table6 無安定マルチバイブレーターの試作による LED 点灯試験



### 6. まとめ

樹脂凹版によるグラビア印刷および、凹版印刷の現状を報告した。今回の報告では、一般印刷から、微細印刷の可能性を見出すことができた。課題は、さらなる微細化とロングラン印刷化である。微細化については彫刻機の性能に依存度は大きい。しかしながら、材料の開発ノウハウによりさらに 10μm までの細線化は進めたい。ロングラン印刷についてはインキ溶媒とのかかわりもあるが、必要最低限の生産量を満たす仕様になっていると判断している。もう一つ寸法精度の課題がある。これは版だけではなく印刷設備の精度も考慮しなければならない。このことから、一般印刷による多色印刷だけでなく、有機半導体のような積層構造を持つ印刷工程への期待が出てくる。私どもは樹脂凹版による (ダイレクト) 印刷方式について多くの質問や協力を希望するとともに、賛同していただき、一般印刷、プリンテッドエレクトロニクスへの貢献を行っていききたい。

### 参考文献

- 1) 竹内：“印刷板のエッチング”，実務表面技術，Vol. 26-10，21-26，1979.
- 2) 油井：“印刷産業における環境問題への取組”，日本印刷学会誌，Vol. 44-1，26-31，2007.
- 3) 阿部、永松、伊藤、渡辺：“グラビア製版用電析銅めっき皮膜の添加剤濃度による物性と彫刻適性”，日本印刷学会誌，Vol. 43-5，42-49，2006.
- 4) 垣生：“グラビア版”，実務表面技術，Vol. 28-10，27-33，1981.