

家庭用プリンターに対する UV インク硬化用 LED ランプ搭載の試み

Attempt to install LED lamps for UV ink curing in a household printer

高橋 啓太¹, 森 真柊¹, 齊藤 衛¹, 杉本 雅明¹

Keita TAKAHASHI¹, Masyu MORI¹, Mamoru SAITO¹, Masaaki SUGIMOTO¹

¹エレファント株式会社

¹Elephantech Inc.

【要約】

家庭用プリンターはそのほとんどが紙への印刷用途のもので、UV 硬化型インクを扱えるものが無かった。仮に UV 硬化型インクをセットしても硬化用の UV ランプが無いために、着弾直後のインクを素早く硬化させることは不可能であった。今回、家庭用プリンターのプリントヘッド部に UV-LED ランプと水冷式冷却装置を搭載し、UV 硬化型インクを吐出直後に硬化できるような改造を試みた。

この改造に成功すれば、家庭や研究機関の実験室環境でも容易に実験が可能になる。今回はその一例として、改造したプリンターを用いて印刷した UV インクを硬化させることで紙の任意の部分に強度を持たせる実験を行った。本報告では、UV-LED ランプの搭載手順、印刷後の硬化実験の様子を紹介する。

キーワード: 家庭用プリンター, 機能性印刷, UV 印刷

【Abstract】

Most of the household printers were for printing on paper, and none of them could handle UV-curable inks. Even if UV curable inks were set, it was impossible to cure the inks immediately after they landed on the paper because there were no UV lamps for curing. In this study, we attempted to modify the printhead of a household printer by installing a UV-LED lamp and a water-cooling cooling system to cure the UV-curable ink immediately after it was ejected.

If this modification is successful, it will make it possible to conduct experiments easily at home or in the laboratory environment of a research institute. In this paper, as an example, the modified printer was used to cure the printed UV ink to give strength to an arbitrary part of the paper. In this report, the installation procedure of the UV-LED lamp and the post-printing curing experiment will be introduced.

Keywords: Household printer, Functional printing, UV printing

1. はじめに

これまでの家庭用プリンターはそのほとんどが紙に対するグラフィック印刷用途のもので、UV ランプを搭載し UV 硬化型インクを扱える機種はなかった。一方、UV 硬化型インクを扱えるプリンターは大型で高価なものが多く、導入の際のハードルとなっている。本実験の目的は、家庭用プリンターに UV ランプを設置し、UV 硬化型インクの印刷と硬化を行えるように改造することである。

2. プリンター本体の改造

最初に、プリンターの改造を行う上で、極力入手が容易なパーツを選定することとした。

本実験ではエプソン製モノクロインクジェットプリンター PX-S170UT に改造を施した。この機種を選定した理由は、インクの供給方法がエコタンクと名付けられた独特なものであり、別種のインクを充填する際も純正カートリッジを入手して加工するといった手間が不要という点が大きい。また、インクタンクがプリンタヘッド直上にあり流路が 短く、インクロスが少ないという点もある。

搭載した UV ランプは QINGYING 製の UV-LED で、36V/50W、紫外光の波長は 395nm である。LED を選択した理由としては、小型・薄型・軽量で搭載しやすい点、エネルギーロスや寿命などで従来使用されていた MH ランプより優秀だという点がある⁽¹⁾⁽²⁾。LED の消費電力については既存の UV プリンターで 50W を選択しているものが多かったため同じ値を選定した。しかし、それ以上の詳細なスペックが得られず実際の紫外線照度は不明であったが、改造し検証することにした。紫外光の波長については、すでに入手済みであった UV 硬化インクの硬化波長に合わせて 395nm と決定した。LED の中でこの機種を選択した理由は、要求されるサイズや出力のものが容易に入手可能だったことが挙げられる。

また、LED の発熱対策として PC に搭載される CPU 冷却用のパーツを流用した水冷式冷却装置を搭載した。空冷式では冷却装置用の十分なスペースがプリントヘッド周辺に確保できず、またヘッド部が重くなりすぎて稼働を妨げる懸念が生じたため、放熱器の位置の制限が

緩い水冷式を選択した。水冷式冷却装置は PC 用パーツの入手が容易であり、要求を満たせる放熱器やポンプを選定した。

設置の際は冷却水が循環する冷却ブロックとLEDを放熱用接着剤で接着し、冷却ブロックを 3D プリンターで印刷したプリントヘッドとの接続用のパーツに接着した。その様子を図 1 に示す。また、冷却装置の全体図を図 2 に示す。

LED の設置にあたって、プリンター本体に対する不可逆的な改造はなるべく控え、また LED や冷却装置の取り外しも容易に行えるように設置場所を検討した。その結果、取り外しが簡単に行えるプリントヘッドのカバーに LED と水冷用ブロックを固定することとした。その様子を図 3 に示す。

本体の改造箇所は LED や冷却水用チューブの稼働を妨げる壁面パネルやフレームの一部を取り外した点のみである。比較画像を図 4、図 5 に示す。

なお、一部の UV 硬化型インクは常温では粘度が高く吐出ができないことがある。このプリンターの場合、約 $6\text{mPa}\cdot\text{s}$ を超える粘度のインクを扱う際にはヒーターでの加熱等で粘度を低下させる必要がある⁽³⁾。

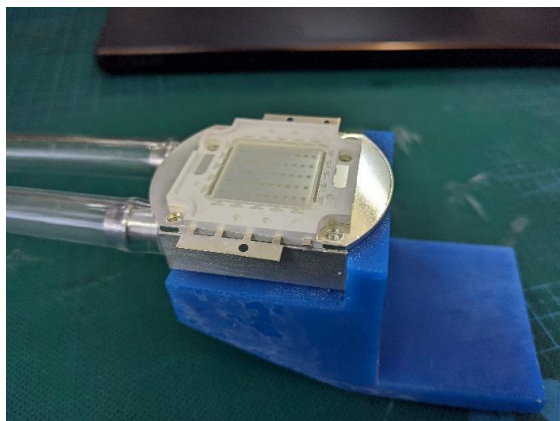


図 1. UV-LED ランプと冷却ブロック



図 2. 水冷式冷却装置の構成



図 3. UV-LED をプリンタヘッドカバーへ装着した様子



図 4. 改造箇所比較写真・上面 (左: 改造前 / 右: 改造後)

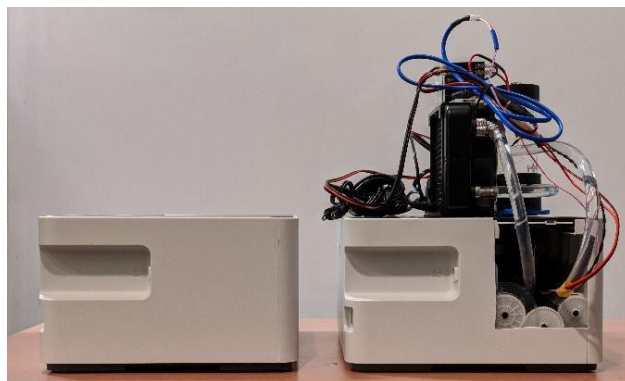


図 5. 改造箇所比較写真・側面 (左: 改造前 / 右: 改造後)

3. 実験と結果

本検討において、LED の冷却性能の実験と UV 硬化インクの印刷硬化実験の 2 点を行った。

3.1 LED 冷却実験

3.1.1 実験手順

LED の発熱に対する冷却装置の冷却性能を確認するため、冷却装置を稼働させた場合とさせていない場合について、10 分間 LED を点灯させ LED 部の温度状態を赤外線サーモグラフィ撮影装置で撮影した。

3.1.2 結果

実験日の室温は 25℃であった。結果の撮影画像を図 6、図 7、図 8 に示す。冷却装置を稼働させていない場合は連続点灯開始から 5 分後に 60℃を超えたが、その状態から冷却装置を稼働させると 10 秒ほどで 40℃付近まで低下した。本結果から、冷却性能は十分であることが検証できたが、実用上はさらに小規模の冷却装置でも十分である可能性がある。仮に自然対流の空冷のみで十分であるならばプリンター上部の搭載スペースにも余裕が生まれるため、必要な冷却性能について今後の詳しい検証が必要であると考えている。

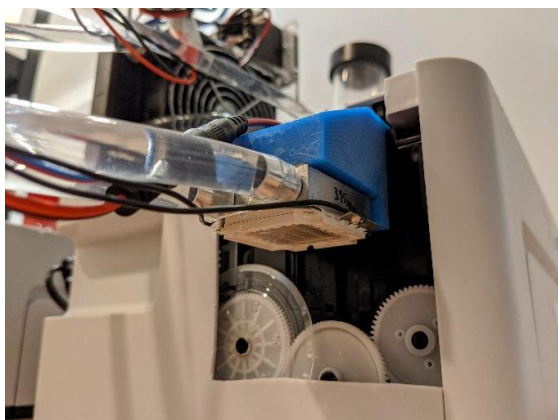


図 6. サーモグラフィ撮影箇所



図 7. LED 点灯開始から 5 分後(冷却装置未稼働)

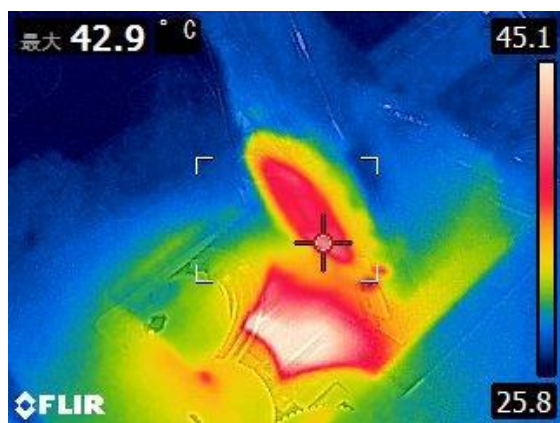


図 8. LED 点灯中(冷却装置稼働開始から 10 秒後)

3.2 UV 硬化インク印刷実験

3.2.1 手順

インクジェット用紙と PET フィルムに対して UV 硬化インクの印刷実験を行った。

印刷条件は以下の通りである。

- ・ 印刷品質:きれい
- ・ 印刷紙設定:EPSON スーパーファイン
- ・ その他の設定:初期設定のまま

また、使用した UV 硬化型インクの粘度が約 6mPa・s であったためヒーターを設置⁽³⁾し、加温して印刷を行うこととした。冷却装置とヒーターを設置したプリンターの様子を図 9 に示す。

3.2.2 結果

印刷中の様子を図 10 に示す。紙への印刷結果を図 11 に、また印刷から 30 分経過後のものを図 12 に、PET フィルムへの印刷の結果を図 13 に示す。

画像にあるように印刷自体には成功し、UV 硬化型インクでも通常のインクジェットプリンターで問題なく印刷できることが分かった。印刷中もヘッド部を稼働させるモーターの脱調など不具合も発生せず、印刷を終了することができた。しかし、UV ランプを点灯させて印刷したにもかかわらず、印刷直後の用紙表面は手で触れて違いが明確にわかるほど硬化した様子はなく、また印刷直後から 30 分後の時間経過でインクが滲むほど液体のままであった。

また、PET フィルムに対する印刷でもパターン印刷されていることが見えるが、こちらも硬化しておらず表面に触れるとベタつく程度であった。

これらの結果をまとめると、今回設置した UV-LED ランプではインクの硬化に十分な光量を与えることができないことがわかる。

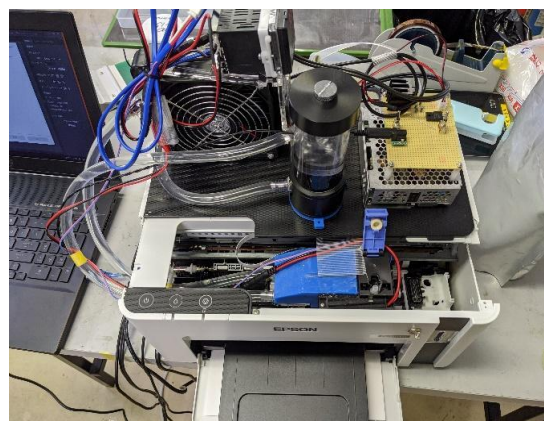


図 9. 冷却装置とヒーターを搭載した様子

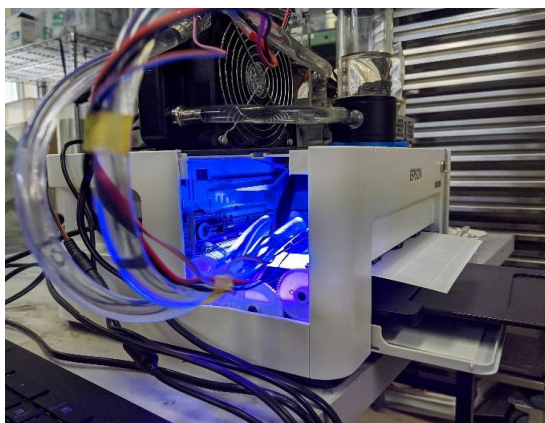


図 10. 印刷中の様子

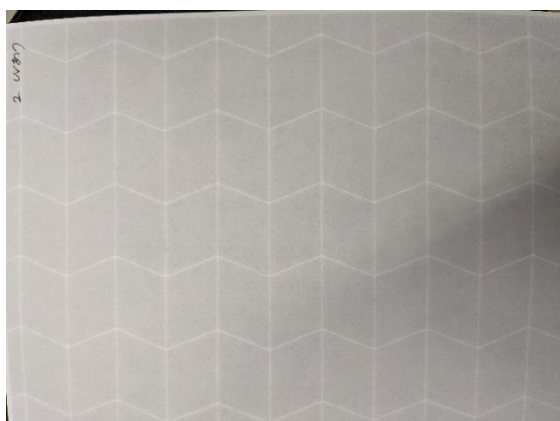


図 11. 紙への印刷結果(印刷直後)



図 12. 紙への印刷結果(印刷から 30 分後)

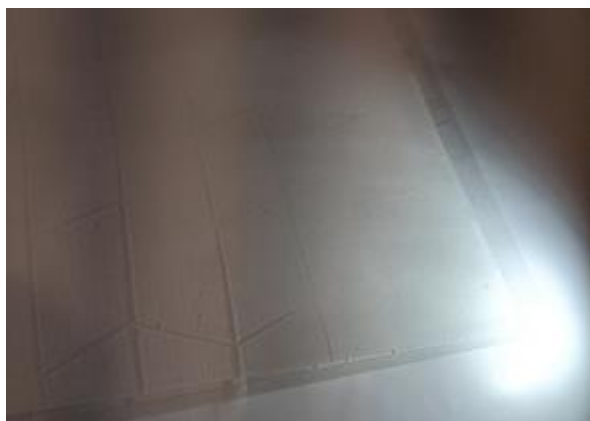


図 13. PET フィルムへの印刷結果

4. 考察

今回使用した UV 硬化型インクと UV-LED ランプの組み合わせでは、硬化させるだけの照射強度と積算光量が足りないことがわかった。今回使用した LED は 40 個が配列されており、1 つ当たり 1W 程度である。インクの硬化に必要な積算光量は、 $500\text{mJ}/\text{cm}^2$ であったため、印刷中の時間を考慮しても $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 程度の照射強度でも十分と考えていたが、結果としては硬化できなかった。理由としては、メディア面までの距離が十分に追いついていなかったため光量が低下してしまったことや、ピーク照射強度も硬化のためには重要な因子であり、この LED では不足していた可能性が考えられる。

5. 応用事例

UV 硬化型インクと UV-LED の適正化が図れば、安価な卓上サイズのプリンターで手軽に UV 硬化インクを使った印刷を行えるようになる。素材の一部を硬化させて強度を持たせたり、電子回路のレジストとしての機能を持たせたり様々な用途展開が期待される。また、印刷時の位置合わせも工夫することで、このような卓上印刷機で多重印刷による積層構造を作ることにも可能になるかもしれない。

6. 結論

今回の検討では、入手性の良い機材・材料を用いて家庭用プリンターを改造し、UV 硬化型インクの印刷が可能であることが分かった。しかし、今回搭載した UV ランプでは性能が足りず完全硬化はできなかった。完全硬化には、LED を限界までメディアに近づけること、より高出力の UV-LED アレイを搭載すること、インクの光重合開始剤との適正化を図ることが必要である。また、完全硬化させるためには、印刷後に別の UV 照射装置を用いることも検討できる。

参考文献

1. M. Ohnishi et al, "The Development of LED-UV Curing Inkjet Printer UJF-3042 and its Wide Applicable Field", Journal of the Imaging Society of Japan, **51**, pp. 399-406, 2012.
2. A. Tauchi, A. Fujioka, T. mineyama, "Latest Technologies for Ultraviolet Lamp and Modules Corresponding to Various Industrial Applications", TOSHIBA Review, Vol.70 No.11, pp. 20-24, 2015.
3. M. Mori et al, "Attempt to install a heater for adjusting ink viscosity in a household printer", 4DFF 2020 Proceedings, 2020.