

# Jak to działa – drukarka laserowa

Technika druku laserowego jest powszechnie stosowana od ponad ćwierćwiecza. Jednak wciąż mało kto wie, w jaki sposób działają drukarki laserowe. W naszym artykule wyjaśniamy, jak zbudowane są tego typu urządzenia i jaka jest rola lasera w procesie drukowania.

**D**rukarka laserowa to kolejne, po aparatach cyfrowych i monitorach LCD, urządzenie, które zdecydowaliśmy się rozmontować, by wyjaśnić w przystępny sposób szczegóły konstrukcyjne tego typu sprzętu, przedstawić samą technologię druku laserowego, a także wytłumaczyć, jakie różnice występują wśród urządzeń dziś spotykanych na rynku.

Praktycznie każde tego typu urządzenie składa się z kilku charakterystycznych

elementów: co najmniej jednego podajnika papieru, bębna światłoczułego, zespołu elektrod (ładująca bęben i rozładowująca), systemu transportującego nośnik (kartki papieru), pojemnika z tonerem oraz zespołu utrwalającego wydruk. Oczywiście do tego należy dodać jeszcze niezbędną elektronikę odpowiedzialną za komunikację z urządzeniami zlecającymi zadania wydruku oraz za przetwarzanie tych zadań w formę „rozumiałą” dla mechaniki drukarki.

## Jak powstaje wydruk

W momencie gdy użytkownik korzystający z oprogramowania na komputerze bądź dowolnym innym urządzeniu zdolnym do generowania wydruków wyda polecenie *Drukuj*, do urządzenia przekazywane jest zadanie wydruku, czyli zestaw danych opisany w jednym z tzw. języków opisów strony. Najbardziej obecnie popularnym językiem opisu stron jest język PCL, innym równie popularnym i stosowanym głównie w zastosowaniach profesjonalnych (DTP) jest PostScript. Za przygotowanie zadania wydruku po wydaniu przez użytkownika polecenia *Drukuj* odpowiada sterownik, który jest zainstalowany w stacji roboczej, na której przygotowywane jest zadanie wydruku.

## Najpierw interpretacja

Gdy dane trafiają do drukarki, do głosu dochodzi zainstalowany w oprogramowaniu wewnętrznym drukarki interpreter języka opisu strony. Interpreter na podstawie otrzymanego zbioru informacji przygotowuje bitmapowy obraz wydruku. Obraz ten jest następnie za pomocą lasera odwzorowywany na tzw. bębnie drukarki laserowej. Zanim laser zacznie oddziaływać na bęben, powierzchnia bębna jest uprzednio naładowywana elektrostatycznie za pomocą np. rolki ładującej bądź elektrody ładującej. To, czy bęben jest naładowany ujemnie czy dodatnio, zależy już od producenta drukarki, jednak w najnowszych typach urządzeń, ze względu na ograniczenie emisji ozonu, najczęściej stosuje się rozwiązania ładujące bęben dodatnio.

## Czas na laser

Laser punktowo rozładowuje obszary bębna, tworząc na nim utajniony obraz powstały w wyniku przesłanego do drukarki



Monochromatyczna drukarka laserowa Kyocera FS-4200DN z wymontowanymi podzespołami; nasz poligon doświadczalny umożliwiającą prezentację technologii druku laserowego. Urządzenie to jest typowym przedstawicielem współczesnych biurowych drukarek laserowych formatu A4. Nominalna rozdzielczość druku wynosi 1200 dpi, szybkość druku do 50 stron na minutę. Cechą wyróżniającą ten model jest opatentowany bęben z powłoką ceramiczną, co oznacza znacznie wyższą wytrzymałość tego elementu. Producent gwarantuje 500 000 wydruków.

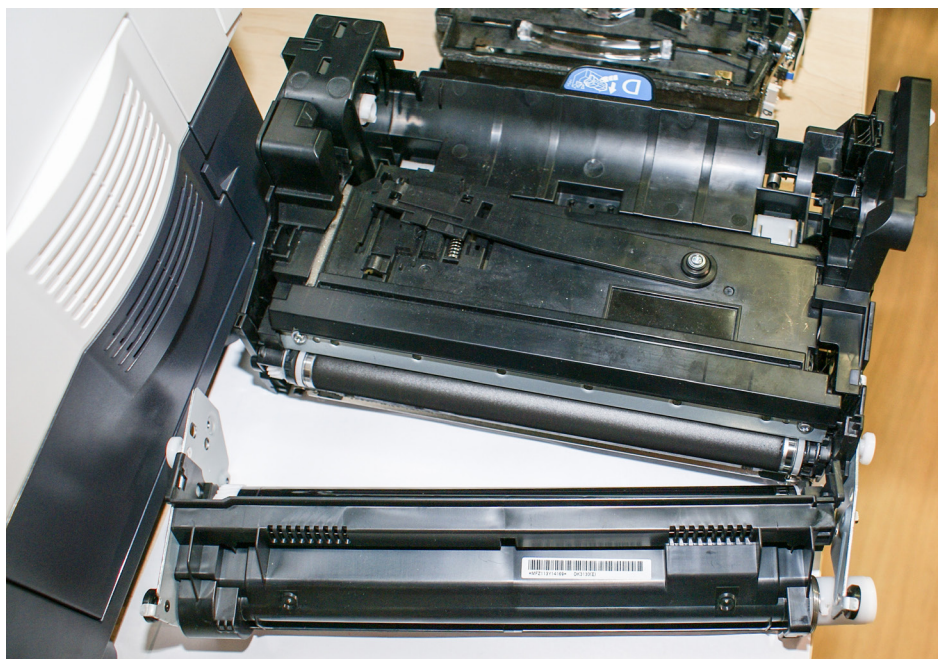
zadania wydruku. Gwoli ścisłości, zdanie to jest pewnym uproszczeniem, gdyż laser nie oddziałuje na bęben bezpośrednio. Na jednym ze zdjęć widać zdemontowany zespół naświetlania wraz z obrotowym lustrem wielokątnym oraz zestawem soczewek. Wiązka lasera trafia z emitera na bardzo szybko obracające się lustro wielokątne (element ten może się obracać nawet kilkadziesiąt tysięcy razy na sekundę). Promień odbity od jednej z płaszczyzn lustra przechodzi przez złożony zespół soczewek (składający się z soczewek walcowatych i sferycznych). Zadaniem tego układu optycznego jest takie przeniesienie promieni lasera, by z całej wiązki do bębna trafił promień odpowiadający pojedynczemu pikselowi obrazu bitmapowego powstałego w wyniku przetworzenia zadania wydruku. W ten sposób z pojedynczych pikseli „kreślony” jest na powierzchni bębna niewidoczny jeszcze obraz zawierający fragment wydruku.

## Teraz toner

Następnie bęben obraca się w bliskim kontakcie z zespołem wywołującym, w którym umieszczony jest pojemnik z tonerem, i poprzez różnicę potencjałów toner jest przyciągany do bębna w tych miejscach, w których uprzednio laser „nakreślił” utajniony obraz wydruku. W tym momencie, gdy toner zostanie elektrostatycznie „przyklejony” do bębna, na tym ostatnim widoczny jest już fragment obrazu powstałego w wyniku przetworzenia zleconego przez użytkownika zadania wydruku. Warto przy tym zauważyć (widać to wyraźnie na zdjęciach), że bęben drukarki laserowej po „naszkiowaniu” na nim obrazu utajonego przez zespół lasera nie zawiera obrazu całej strony (np. w formacie A4). W przypadku rozmontowanej przez nas drukarki Kyocera FS-4200 DN ceramiczny bęben tego modelu ma obwód ok. 7 centymetrów, tymczasem standardowa kartka formatu A4 ma długość 29,7 centymetrów.

## Wreszcie na papier

Obraz powstały w wyniku naniesienia tonera na bęben jest przenoszony na papier, przesuwany przez rolki transportujące pod obracającym się bębniem. Drobinki tonera umieszczone na bębnie są – również za pomocą elektrostatyki (tzw. elektrody transferowej) – przenoszone na papier. Ze



Zespół tworzenia obrazu; to tutaj powstaje wirtualny obraz kreślony przez laser na powierzchni bębna, który następnie jest pokrywany w naświetlonych miejscach tonerem i przenoszony na kartkę papieru.



Bliźniaczy element to bęben drukarki (w tym przypadku charakterystyczny wygląd wynika z zastosowania powłoki ceramicznej stanowiącej patent japońskiej firmy Kyocera).



Wymontowana z drukarki elektronika z widocznymi gniazdami interfejsów komunikacyjnych: po lewej stronie od góry USB typu A, niżej USB typu B. Dalej na prawo standardowe gniazdko dla złącza sieciowego typu RJ-45. Widoczne po prawej stronie wycięcie przeznaczone jest na opcjonalny moduł rozszerzeń (np. zawierający interfejs bezprzewodowy).



Płyta główna drukarki, widoczny główny procesor przetwarzający zadania wydruku, nieco niżej gniazdo na moduł pamięci typu SO-DIMM DDR 2.



Cechą charakterystyczną drukarki laserowej jest pojemnik na zużyty toner. Do tego pojemnika trafiają resztki tonera, które pozostały na bębnie po przeniesieniu obrazu na papier.



Jeden z termostatów modułu grzewczego

względnie na mniejszy od długości kartki obwód bębna przeniesienie obrazu pełnej strony wymaga tego, by proces ładowania bębna, „kreślenia” laserem, a następnie transferu tonera na papier był powtarzany kilkakrotnie dla pojedynczej strony. Po przeniesieniu fragmentu obrazu na papier bęben jest rozładowywany, czyszczony z pozostałości tonera, ponownie naładowany, naświetlony punktowo laserem (obraz wirtualny kolejnego fragmentu drukowanej strony), następnie znowu toner przylega do bębna i kolejny fragment obrazu przenoszony jest na przesuwaną się w zespole tworzenia obrazu kartkę. Cykl ten powtarzany jest odpowiednią liczbę razy, aż cały obszar strony zostanie wypełniony zgodnie ze zleconym zadaniem wydruku.

## Utrwalanie obrazu

W tym momencie mamy już obraz na papierze, jest on jednak jeszcze bardzo nietrwały: drobinki tonera są przyciągnięte do kartki papieru wyłącznie elektrostatycznie. Kartka z tonerem transportowana jest dalej i trafia do tzw. modułu utrwalania. W module tym poprzez oddziaływanie wysokiej temperatury (ok. 260 stopni Celsjusza) oraz docisk rolek przytwierdzony elektrostatycznie toner jest ostatecznie utrwalany na papierze, a kartka z wydrukiem zostaje przetransportowana do miejsca, w którym użytkownik może odebrać już gotowy, jeszcze ciepły (dosłownie) wydruk.

## Szybkość

Cały ten złożony proces powstawania obrazu we współczesnych drukarkach laserowych w rzeczywistości trwa od kilku do co najwyżej kilkunastu sekund. Dla przykładu, rozmontowywany na potrzeby artykułu model drukarki Kyocera FS-4200DN potrzebuje 9 sekund na wydruk pierwszej strony. Tyle właśnie czasu zajmuje tej drukarce przetworzenie otrzymanego zadania i wydrukowanie strony w formacie A4. Nominalnie drukarka ta jest zdolna do wydrukowania nawet 50 stron w ciągu minuty. Parametr ten – liczba wydruków na minutę – jest podawany przez wielu producentów, jednak nie uwzględnia on zazwyczaj czasu koniecznego na nagrzanie dopiero co uruchomionego urządzenia. Parametr ten również jest często

podawany przez producentów drukarek, dlatego chcąc określić rzeczywistą prędkość druku, warto pamiętać o uwzględnieniu również czasu potrzebnego na nagrzanie urządzenia.

## Materiały eksploatacyjne

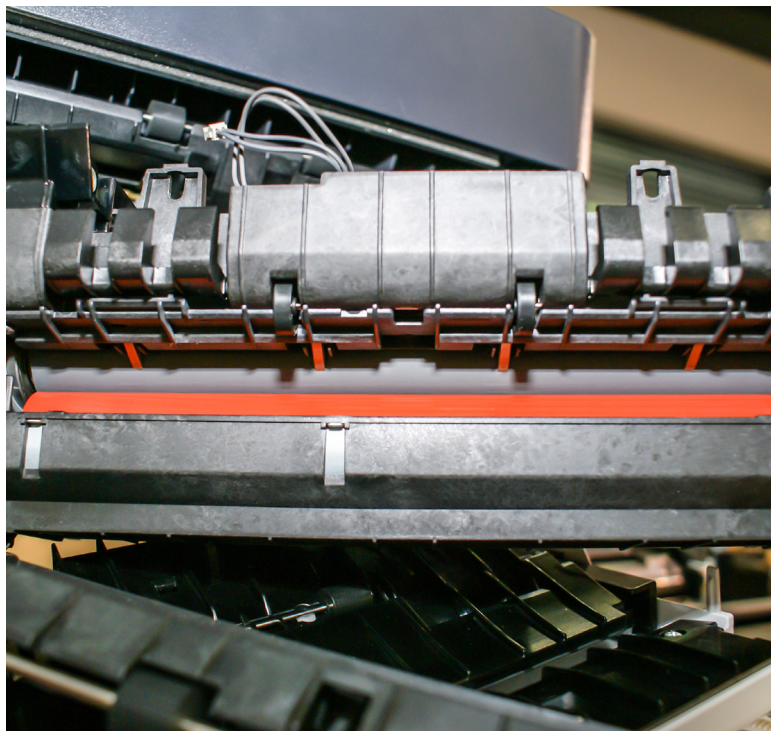
Elementem podlegającym regularnej wymianie w wyniku zużycia jest toner – czarny (w drukarkach kolorowych występujący również w innych barwach) proszek nanoszony na papier w procesie druku. Oprócz tonera wymianie podlega również bęben. W bardziej zaawansowanych modelach drukarek toner jest wymieniany niezależnie od bębna. Ma to sens, gdy weźmiemy pod uwagę, że nawet najbardziej obszerny pojemnik z tonerem

może wystarczyć co najwyżej na kilkadziesiąt tysięcy wydruków (przy czym do określenia szacowanej liczby wydruków korzysta się z normy określającej stopień zadrukowania pojedynczej strony). Natomiast żywotność bębna może być liczona w setkach tysięcy wydruków niezależnie do stopnia zadrukowania stron. Jednak w przypadku tańszych modeli drukarek elementem podlegającym wymianie jest cały zespół drukujący zawierający i bęben, i pojemnik z tonerem. Tego typu element nazywany jest wtedy kartridżem. Choć drukarki, w których elementem podlegającym wymianie jest kartridż, są zwykle tańsze w zakupie, to kartridż jest zazwyczaj droższym elementem niż pojemnik tylko z tonerem.

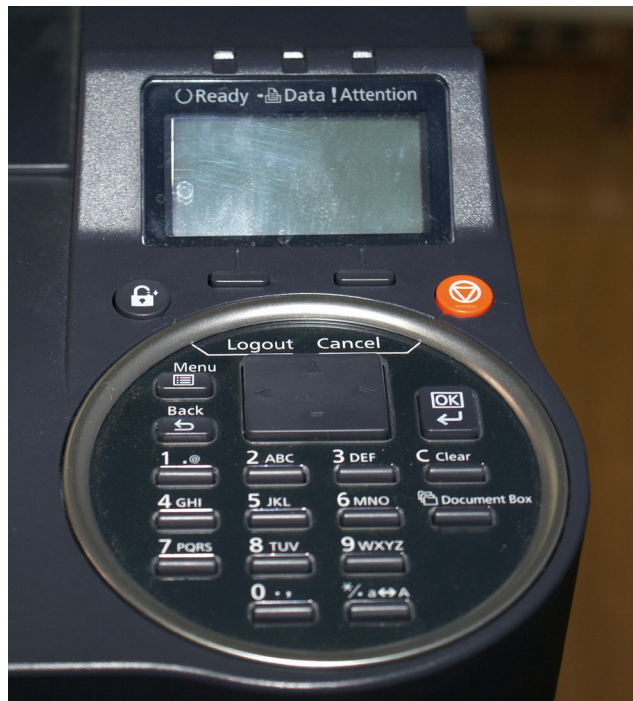
Teoretycznie na każdej drukarce laserowej można drukować nie tylko na standardowym papierze, ale również np. na foliach. Trzeba tylko pamiętać o tym, by używać specjalnych folii odpornych na wysokie temperatury występujące w module grzewczym obecnym w każdej drukarce laserowej. Użycie złej folii lub innego nośnika nieodpornego na wysoką temperaturę może spowodować uszkodzenie urządzenia.

## A co z kolorem

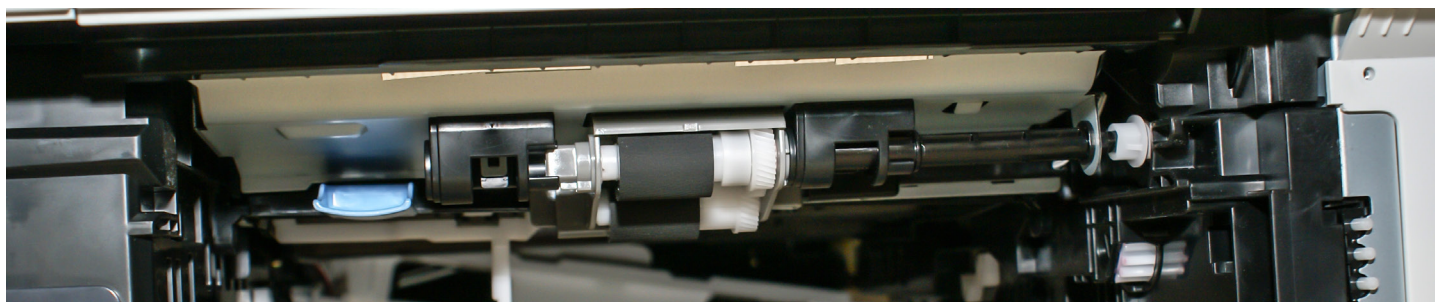
Zasada działania kolorowych drukarek laserowych jest bardzo zbliżona do objaśnionego w artykule procesu drukowania realizowanego przez laserową drukarkę monochromatyczną. Jedyną różnicą



Widoczne rolki modułu grzewczego: rolka zgrzewająca i rolka dociskająca; w niektórych modelach drukarek charakteryzujących się wysoką wydajnością obie rolki są nagrzewane w celu przyspieszenia procesu utrwalania.



Panel kontrolny drukarki pozwalający bezpośrednio sterować urządzeniem. W zależności od modelu może udostępniać funkcje dodatkowe, np. realizacja wydruku dopiero po wprowadzeniu indywidualnego hasła pracownika.



Mechanizm transportujący: system rolek, pasów transferowych, czujników wykrywających papier (odpowiedzialnych m.in. za właściwe pozycjonowanie kartki w urządzeniu, by wydruk znalazł się w odpowiednim miejscu).

## Oszczędna, trwała i ekologiczna



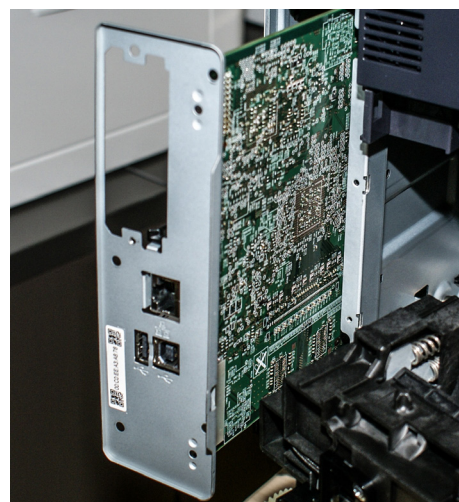
**Łukasz Rumowski,**  
 Dyrektor Działu Rozwoju Produktu, Arcus S.A.

Coraz częściej stajemy wobec problemów związanych z koniecznością racjonalizacji kosztów działalności firm i instytucji. Istotnym czynnikiem wyboru stosowanych rozwiązań jest także ochrona środowiska naturalnego. Na polskim rynku od kilkunastu lat jest dostępna technologia łącząca aspekty oszczędnego i ekologicznego drukowania. Jest nim technologia ECOSYS zastosowana w rozwiązaniach Kyocera Document Solutions. Czynnikiem decydującym o tej cesze, odróżniającym produkty Kyocera od wielu produktów konkurencyjnych, są wytrzymałe komponenty, z których są wyprodukowane. W urządzeniach Kyocery wykorzystywana jest technologia opatentowanego ceramicznego bębna drukarki, który wraz z innymi elementami o przedłużonej trwałości powoduje, że do użytkowania wymagany jest tylko praktycznie jeden materiał eksploatacyjny — toner, w miejsce kosztownego systemu kaset stosowanego nadal przez wielu producentów drukarek i urządzeń wielofunkcyjnych. Kasety obrazowe zawierają bęben, utrwalacz i toner w jednym, jednorazo-

wym opakowaniu. Gdy toner skończy się, trzeba wyrzucić całą kasetę i wymienić ją na nową, co wiąże się ze znacznym wydatkiem. Wracając do technologii Kyocery, małe cząsteczki ceramiczne znajdujące się w tonerze „EcoTone” ciągle polerują i odświeżają bęben podczas normalnego drukowania. Wynikiem jest gwarantowany okres przydatności bębnowy wynoszący do 500 000 stron lub trzy lata w porównaniu z 100 000 stron w przypadku innych producentów. Kolejną cechą tonera Kyocery jest ogromna wydajność — za jego pomocą można wydrukować do 40 000 stron formatu A4 (przy pokryciu wynoszącym 5%). W ten sposób drukarki Kyocera Ecosys są źródłem mniejszych ilości odpadów niż produkty konkurencji, a jednocześnie charakteryzują się najniższym porównywalnym kosztem wydruku 1 strony. Jednak Ecosys to nie tylko mechanika i toner. To zasada, która powstała na podstawie koncepcji. Jednym z jej elementów są całkowite koszty eksploatacji (ang. TCO, Total Cost of Ownership). Współczynnik TCO obejmuje zarówno koszty bezpośrednie, np. cenę zakupu i koszty eksploatacji na stronę, jak i pośrednie, w tym konserwację, wymianę materiałów eksploatacyjnych, takich jak kasety, korzystanie z nośników do drukowania, administrowanie maszyną i koszty zasilania. TCO urządzeń Kyocera Ecosys jest niezmiennie jednym z najniższych w klasie.



Lasery wielofunkcyjne drukujące. Lepsze parametry, znacznie większe gabaryty, większa liczba podajników, ale ogólna zasada powstawania obrazu pozostaje niezmienna.



Wysunięta z obudowy urządzenia płyta główna drukarki laserowej zintegrowana z gniazdami interfejsów komunikacyjnych.



Szuflada podajnika papieru z regulowanymi prowadnicami pozwalającymi dopasować odpowiedni rozmiar nośnika (A4, A5, różnego typu koperty itd.) w zależności od oczekiwanych rezultatów druku. To tutaj zaczyna się droga kartki papieru w drukarce.

między drukarką monochromatyczną a drukarką kolorową jest to, że ta druga dysponuje nie jednym, lecz czterema zespołami drukującymi, z czterema tonerami w kolorach CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black).

## Laser a diody LED

Oprócz drukarek stricte laserowych na rynku znaleźć można również drukarki LED charakteryzujące się bardzo podobną metodą druku, także opartą na tonerze nanoszonym przez odpowiednio naświetlony bęben, jednak różnicą w ich przypadku jest to, że zespół naświetlania nie zawiera emitera laserowego. Zamiast tego wstępnie ładowany bęben jest naświetlany przez specjalną listwę z diodami LED. Innymi słowami, zamiast pojedynczej wiązki lasera omiatającej (poprzez wirujące lustro i zespół soczewek) powierzchnię bębna, mamy listwę z diodami LED. W zależności od rozdzielczości drukarki liczba diod LED jest różna, w przypadku drukarek o rozdzielczości 300 dpi stosuje się listwę wyposażoną w 2500 diod LED, dla rozdzielczości 600 dpi jest ich odpowiednio więcej – 5000 diod LED. Mimo nieco innej konstrukcji elementu naświetlającego jego rola w drukarkach LED jest podobna do tej, jaką odgrywa laser w drukarkach laserowych – odpowiednie naładowanie miejsc bębna i „naszkicowanie” w ten sposób wirtualnego obrazu fragmentu wydruku.

## Podsumowanie

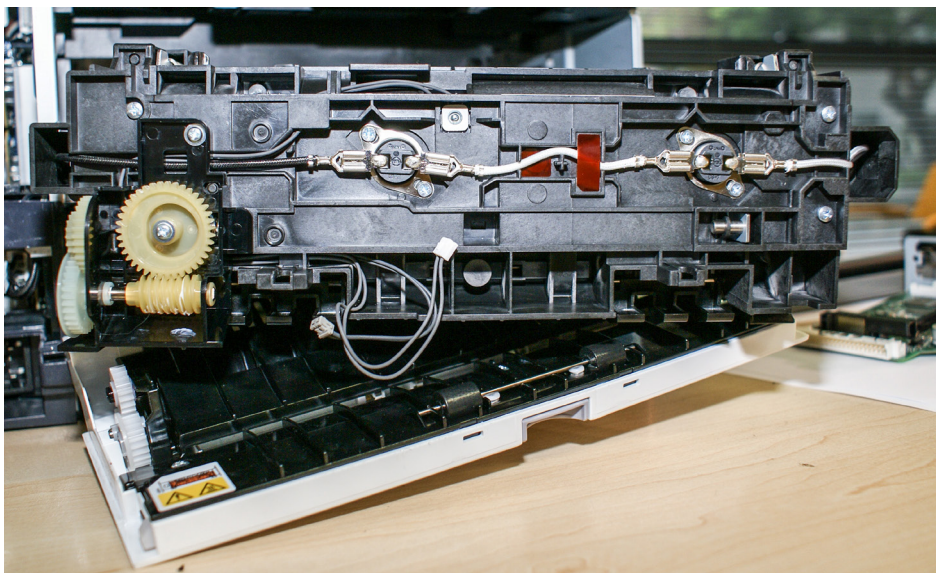
Zasada działania drukarki laserowej jest stosunkowo prosta: mamy toner, bęben, trochę elektrostatyki, punktowego naświetlania laserem, potem tylko grzałka i możemy odbierać ciepły wydruk. Brzmi niemal banalnie, ale proces powstawania druku przedstawia się podobnie niezależnie od tego, czy mamy do czynienia z taną domową drukarką laserową, czy wypluwającym kartki niemalże z prędkością karabinu maszynowego ciężkim sprzętem klasy heavy duty używanym w dużych korporacjach, gdzie – jak wiadomo – każdy potrzebuje bardzo ważnych wydruków i to najchętniej na wczoraj.

Aleksander Działdowski

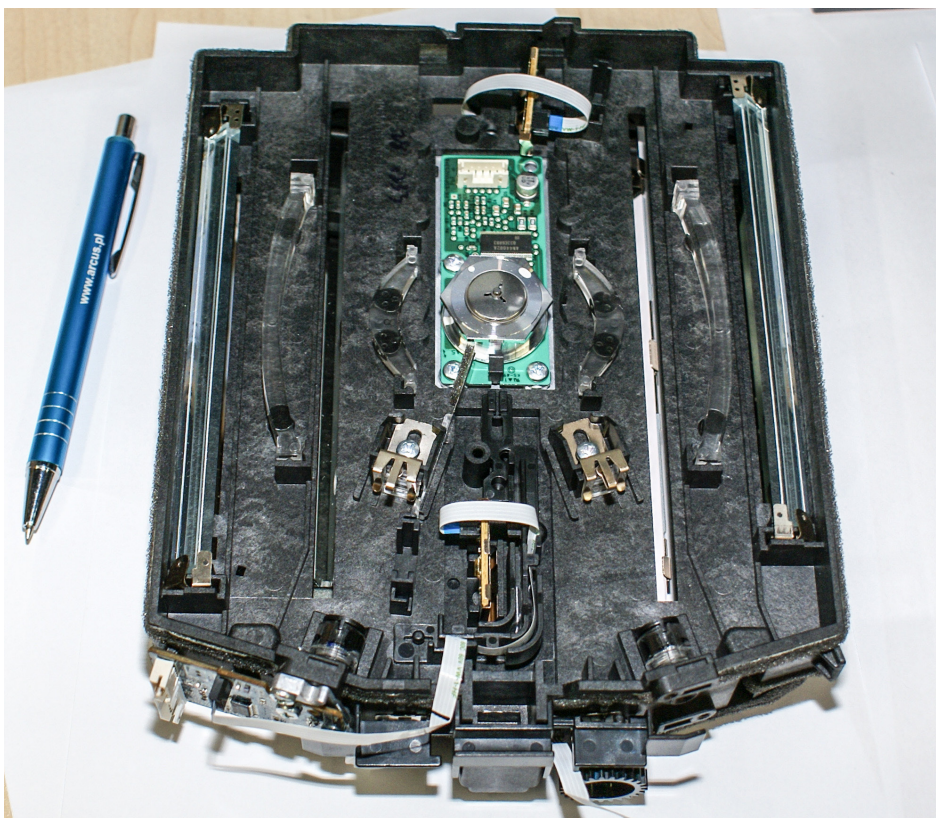
*Za pomoc w przygotowaniu artykułu  
dziękujemy firmie Arcus.*



Ten, wydawałoby się, niepozorny element to jedna z ważniejszych części drukarki laserowej – rolka ładująca odpowiedzialna za naładowanie bębna, zanim ten zostanie „omieciony” promieniem laserowym w miejscach, w których ma przylgnąć toner.



Wymontowany z drukarki moduł grzewczy – to on odpowiada za utrwalenie wydruku poprzez wtopienie w papier utworzonego z tonera obrazu.



Zdemontowany moduł lasera (zdjęta wierzchnia pokrywa) odpowiedzialny za „nakreślenie” wirtualnego obrazu na bębnie drukarki laserowej. W centralnej części modułu widoczne jest wielokątne lustro wirujące, po obu stronach lustra możemy zobaczyć zestaw soczewek.