THERMIC TRANSFORMATIONS OF WRITING MATERIALS

Mirosław OWOC

The Department of Criminalistics, Adam Mickiewicz University, Poznań

ABSTRACT: The method of unequivocal determination of the chronology of inscriptions in the case when one of them is an inscription using thermic way of making it permanent has been presented. The method is based on the fact that the thermoplastic properties of the line of the classic covering materials and reliefs impressed by writing tools create specific conditions for the thermic process of toner imprint on the previously written space of paper.

KEY WORDS: Crossing lines; Inks; Toners; SEM; Microscopy.

Problems of Forensic Sciences, vol. LIII, 2003, 51–59
Received 11 June 2003; accepted 25 July 2003

Computer laser printers and photocopiers are more and more frequently used in document forgery. A specific case of the forgery made by means of the above-mentioned tools might be:

– creating a document with the use of a signature placed previously *in blanco*,

and

– alterations in the text of a previously made document.

The investigative problem in such situations is described as the determination of "a relative age" of a document.

The classical way of determination of the chronology of inscriptions within the same document is the analysis of line crossings. In the literature of the subject [2] it has been pointed out that what is especially difficult is the investigation of such a situation, in which the crossing lines differ substantially in the intensity of covering. Such situations occurred in the past in cases where crossing lines of ballpoint inks with type-written text were investigated. Not withstanding the fact whether the typewriter was equipped with a cloth tape imbued with black ink (on oil background) or it was a model using a disposable paper tape (so-called carbon one, on a wax background) the problem of chronology was solved by the investigation of the continuity of shining of the ballpoint pen line. The authors themselves, however, insisted that their findings were not unequivocal [2].

One should add here that macro-photographic documentation of the phenomenon of shining is very difficult, the fact which diminishes the forensic value of this investigative method.

Lines produced by melted toner of laser computer printers (in the same way as lines produced by photocopiers using the thermal imprint of a picture) are objects even more difficult during the investigation. They are characterised not only by an intensive black dye but also by substantial shining. The shining is not clearly directed, because the melted agglomerates of toner particles have a round shape. In this situation, the investigation of a subtle shining of a ballpoint line on a pearly shining of glossy toner is especially difficult and usually ends in failure.

While continuing works, referred to before [1] attention was paid to hitherto overlooked fact of thermic transformations, which materials covering previous inscriptions (e.g. in blanco signatures) being on the surface of paper at the moment of photocopying printing, must undergo.

In old-type photocopiers the thermic impression of toner on paper was achieved by lighting by means of a high-power halogen lamp. The temperature of a toner, highly absorbing the whole emission spectrum of the lamp, exceeded 200°C. The covering materials imposed on the surface before must have been heated up to a lesser extent (but still stronger than white paper). It gives an idea of the intensity of thermic and photolythic transformations which these covering materials could have gone through.

New models of photocopiers (which served as a pattern for laser computer printers) use powders of a lower temperatures of softening, "dark" radiators of infrared and hot "pressing" devices. In reality, the surface of the paper (and superimposed on it covering materials) does not heat up as much as before; one must, however, accept the temperatures of 110–180°C (these are the melting temperatures of co-polymer polysthyrene, polyesther and epoxide resins which constitute toner backgrounds). In such temperature, hardened oils and resins which constitute the background of "dried up" ballpoint lines (as well as some impressions of metal stamps) undergo plsticisation, tagacant gum and wax found in coloured pencils become softer.

The well-known rule of the lowering of melting temperatures of mixtures in relation to the melting temperatures of pure components should also encompass the places of immediate contact of micro-metre particles of a toner with the surface of previously imposed lines (e.g. ballpoint ones). As a result the structure of the melted agglomerates of toner particles should, in places of contact crossings, undergo a change in relation to the places where the process of melting have not been disturbed by external factors.

The experiments which were carried out fully supported the correctness of the assumed hypotheses and the desired effects could be perfectly observed under the optical microscope with the magnification of 30 to 60 times.

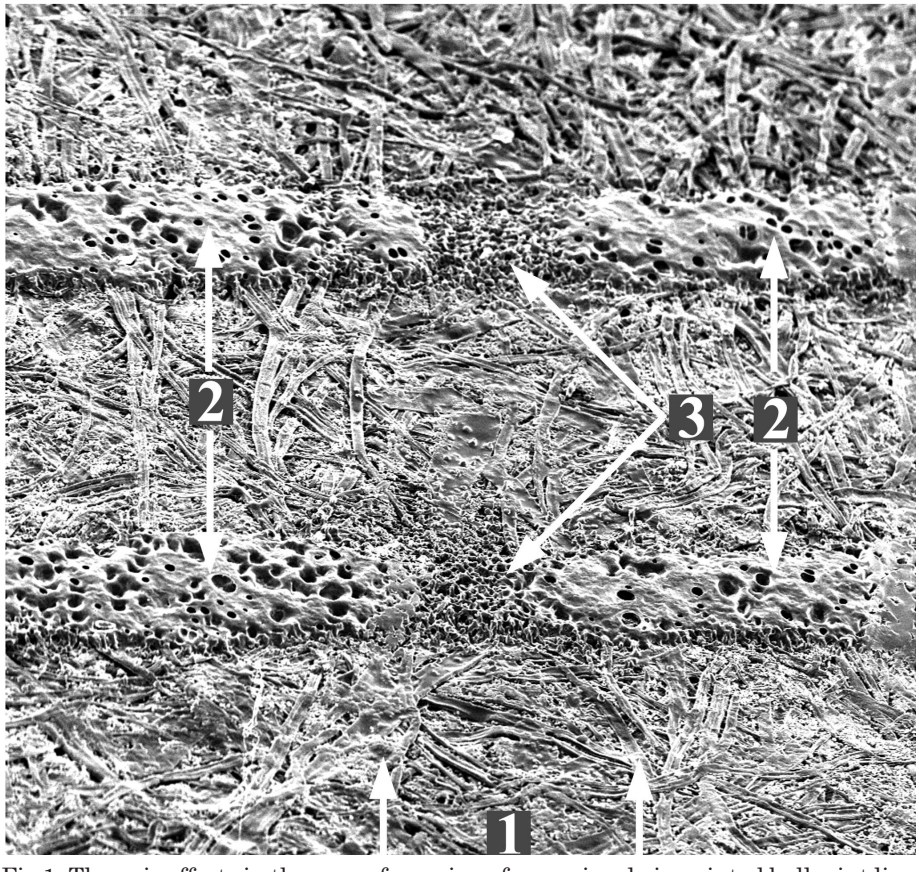

Fig 1. Thermic effects in the area of crossing of a previously imprinted ballpoint line with the lines of a melted toner imprinted by a computer laser printer, magnification 75 times. 1 – the breath and direction of the ballpoint pen line; 2 – the normal look of a melted toner line; 3 – a changed structure of a melted toner.

Also, according to expectations, classic photographs did not render sufficiently the picture of the observed phenomenon. For this reason, for forensic purposes, it is advised to take photographs in the scanning electron microscope. Such pictures were taken for this paper with the magnification of 75 and 150 times (specimens sprayed with gold).

The described rule proved to be true in relation to all crossings of laser printer toner lines with ballpoint lines (Figure 1 and 2), as well with the lines of coloured pencils and crayons. After a systematic research, it was observed, however, that the effect of disturbances in "normal" melting of agglomerates of a toner does not depend solely on the composition of the surface below the covering material but also on the depth of the relief produced by a writing tool. The effect of the latter factor (the relief) resulted in the nar-

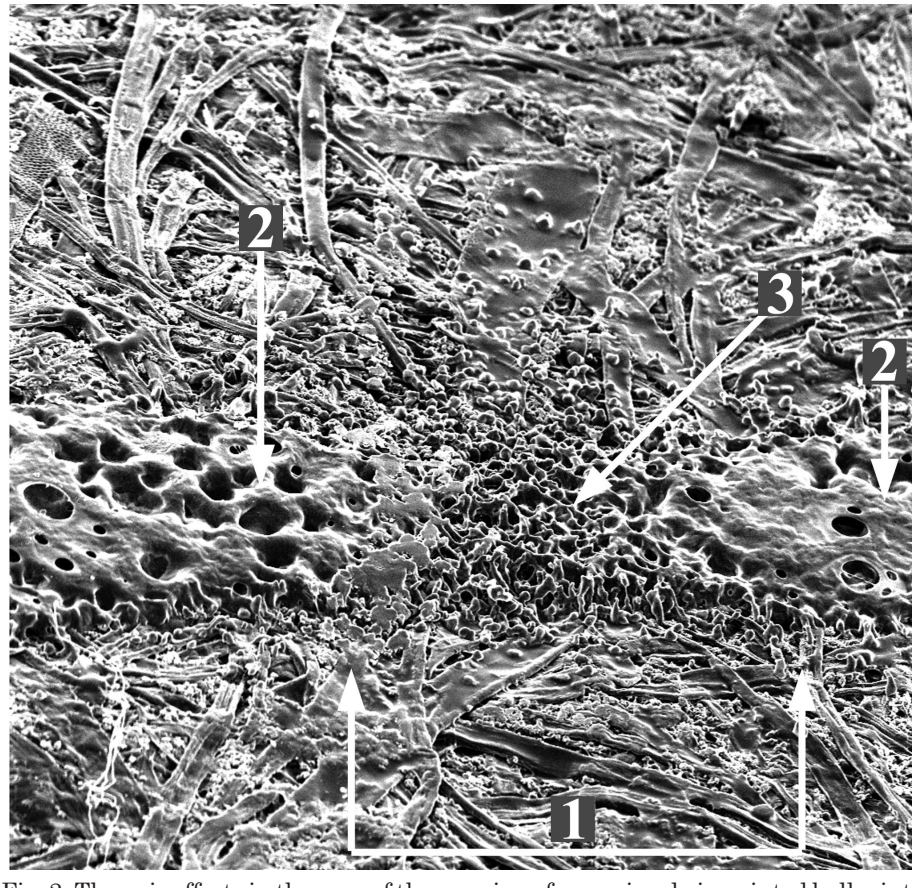

Fig. 2. Thermic effects in the area of the crossing of a previously imprinted ballpoint line with the line of a melted toner line imprinted by a computer laser printer, magnification 150 times. 1 – breadth and direction of the ballpoint pen line; 2 – the normal look of a melted toner line; 3 – a changed structure of a melted toner.

rowing of the breadth of the line of a photocopy imprint exactly at the spot of crossing with the imprinted line of a prior inscription. This could clearly be explained by the disturbance of the electrostatic process of interaction between the surface of a photosensitive roller (covered with the charged toner particles) and a distorted (imprinted surface of the paper. This effect could have been definitely predicted theoretically; but, taking into the consideration the fact that the author had not done it, he should, at least check the correctness of the observation conclusions.

An additional experiment was carried out with the lines of the previous inscription drawn with a highly varied pressure. Ballpoint lines, graphite pencil lines and pure reliefs (imprinted with metal point) were used. In this way, thanks to the use of the criteria of one difference, one could try to ex-

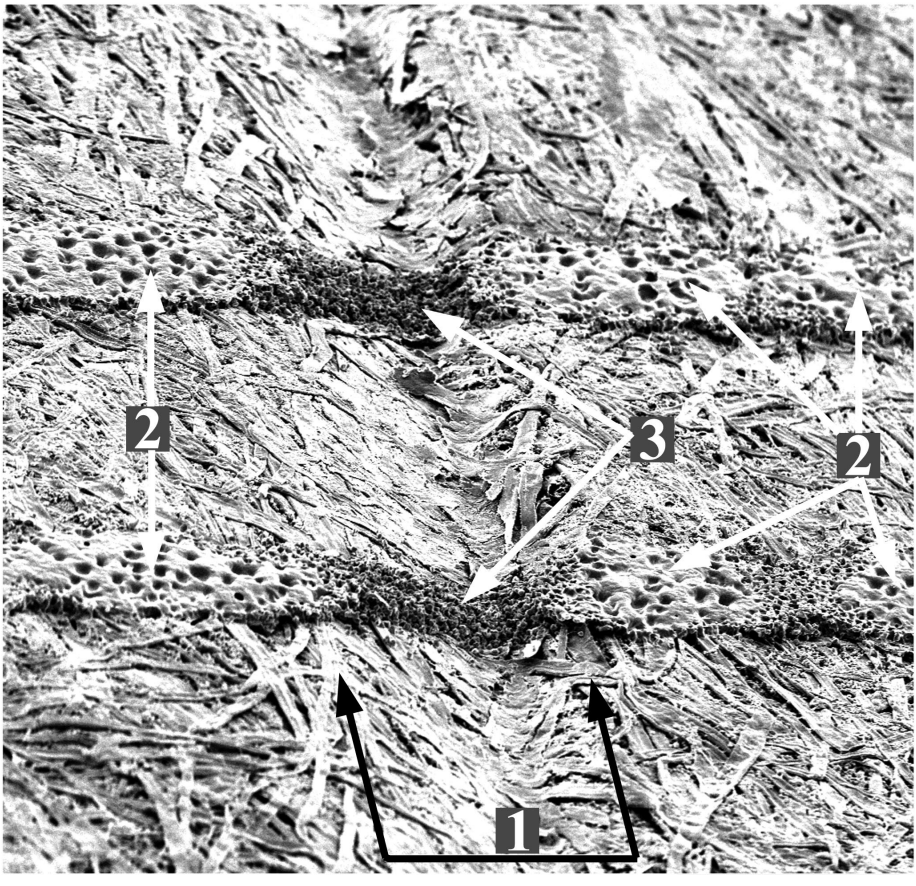

Fig. 3. Thermic effects in the area of the crossing between the previously imprinted relief line with the lines of a melted toner imprinted by a computer laser printer, pure relief, magnification 75 times. 1 – the breadth and the direction of the relief line; 2 – the normal look of the melted toner line; 3 – a changed structure of a melted toner.

plain the causes of the disturbance of the "normal" look of toner lines at crossing points with imprinted lines of prior inscriptions. The presented photographs (Figure 3 and 4) allow to ascertain that three elements influence the disturbance of a toner line picture at the crossing point with the previous inscription:

1. the narrowing of the imprint line (the result of electrostatic processes);
2. the change of the structure of melted agglomerates as the result of the lowering of the melting temperature due to the separation of the imprinted places from the "pressing" roller;
3. the change of the structure of the melted agglomerates as the effect of the lowering of the melting temperature of toner particles in contact with the partly melted substance previously imprinted on the surface.

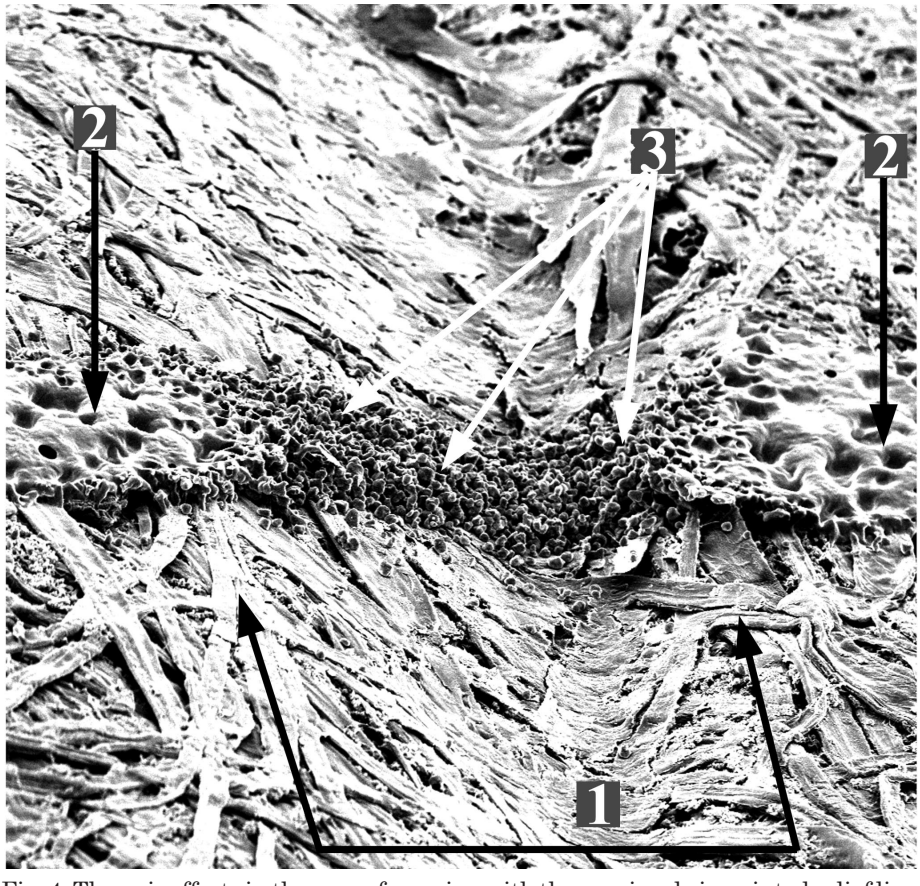

Fig. 4. Thermic effects in the area of crossing with the previously imprinted relief line with the line of a melted toner imprinted by a computer laser printer. Pure relief, magnification 150 times. 1 – breadth and the direction of the relief line; 2 – the normal look of the melted toner line; 3 – a changed structure of melted toner.

References:

1. Owoc M., Kserofotomontaż a techniczna ekspertyza dokumentów, Materiały VI Wrocławskiego Sympozjum Badań Pisma, 14–16.09.1994, Wrocław 1996, s. 111–116.
2. Riess M., Breuer F. J., Badania stereomikroskopowe przecięć linii, Materiały VII Wrocławskiego Sympozjum Badań Pisma, 12–14.06.1996, Wrocław 1997, s. 49–57.

TERMICZNE PRZEMIANY MATERIAŁÓW KRYJĄCYCH

Mirosław OWOC

Laserowe drukarki komputerowe oraz kserokopiarki są coraz częściej wykorzystywane do fałszowania dokumentów. Szczególną postacią fałszerstwa dokonanego przy użyciu wymienionych narzędzi może być:

– sporządzenie dokumentu z wykorzystaniem podpisu złożonego wcześniej *in blanco*

oraz

– dokonanie uzupełnień w treści gotowego już dokumentu.

Pojawiający się w takich sytuacjach problem badawczy określany jest jako oznaczanie „względnego wieku" dokumentu.

Klasycznym sposobem ustalania chronologii kreślenia w obrębie tego samego dokumentu jest analiza skrzyżowań linii. W literaturze przedmiotu [2] wskazuje się, iż szczególną trudność sprawia badanie w takiej sytuacji, gdy krzyżujące się linie znacznie różnią się intensywnością krycia. Tego rodzaju trudne sytuacje pojawiały się w przeszłości przy okazji badania skrzyżowań linii naniesionych długopisem z liniami pisma maszyn do pisania. Niezależnie od tego, czy maszyna była zaopatrzona w tradycyjną tkaninową taśmę nasyconą czarnym tuszem (na osnowie olejowej), czy był to model wykorzystujący jednorazową taśmę papierową (tzw. węglową, na osnowie woskowej), problem chronologii rozwiązywano poprzez badanie ciągłości połysku linii długopisowej. Sami autorzy zastrzegali jednak, iż ich wnioski w tej mierze często nie miały charakteru kategorycznego [2].

Dodać tutaj należy, iż makrofotograficzna dokumentacja zjawiska połysku jest bardzo trudna, co trochę zmniejsza procesową użyteczność tej metody badawczej.

Kreski utworzone przez stopiony toner laserowych drukarek komputerowych (tak samo jak kreski utworzone przez kserokopiarki wykorzystujące termiczne utrwalanie obrazu) są obiektami jeszcze trudniejszymi w badaniu. Charakteryzuje je bowiem nie tylko intensywnie czarna barwa, ale nadto dość silny połysk. Połysk ten nie jest wyraźnie ukierunkowany, bowiem stopione aglomeraty drobin tonera mają kształty zaokrąglone. W tej sytuacji badanie subtelnego połysku linii długopisowej na tle perełkowato połyskliwej powierzchni zeszklonego tonera jest mocno utrudnione i zwykle kończy się niepowodzeniem.

Kontynuując prace referowane wcześniej [1], zwrócono uwagę na pomijany dotychczas fakt termicznych przemian, jakim muszą podlegać materiały kryjące wcześniejszych zapisów (np. podpisów *in blanco*) znajdujących się na powierzchni papieru w momencie jego kserofotograficznego zadrukowywania.

W kserokopiarkach starego typu termiczne utrwalanie tonera na papierze uzyskiwano poprzez naświetlanie lampą halogenową dużej mocy. Temperatura tonera, silnie pochłaniającego całe spektrum emisyjne lampy, przekraczała wtedy 200°C. Zapewne nieco mniej (ale silniej niż biały papier) nagrzewać się musiały materiały

kryjące wcześniej naniesione na podłoże. Daje to wyobrażenie o intensywności przemian termicznych i fotolitycznych, jakim materiały te mogły podlegać.

Nowsze konstrukcje kserokopiarek (które posłużyły jako wzór dla laserowych drukarek komputerowych) wykorzystują przede wszystkim proszki o niższych temperaturach mięknięcia, „ciemne" promienniki podczerwieni oraz gorące walce „prasujące". Realnie powierzchnia papieru (i naniesionych na papier materiałów kryjących) nie nagrzewa się tak silnie jak dawniej, jednak liczyć się trzeba z temperaturami rzędu 110–180°C (są to temperatury topnienia kopolimerowych żywic polistyrenowych, poliestrowych i epoksydowych, stanowiących osnowę tonerów). W tej temperaturze ulegają plastyfikacji utwardzone oleje oraz żywice tworzące osnowę „wyschniętych" kresek długopisowych (oraz niektórych odbitek stempli metalowych), mięknie guma tragakantowa stanowiąca lepiszcze ołówków kredkowych, topią się też woski będące osnową kredek.

Znana reguła obniżania się temperatury topnienia mieszanin w relacji do temperatur topnienia czystych składników winna obejmować również miejsca bezpośredniego kontaktu mikrometrowych drobin tonera z nadtopioną powierzchnią linii wcześniej naniesionych na podłoże (np. długopisowych). W rezultacie struktura stopionych aglomeratów drobin tonera winna w miejscach skrzyżowań kontaktowych ulec zmianie w relacji do miejsc, w których proces nadtapiania nie był zakłócony czynnikami ubocznymi.

Przeprowadzone eksperymenty w pełni potwierdziły poprawność przyjętych założeń, a oczekiwane efekty pozwalały się doskonale obserwować w mikroskopie optycznym przy powiększeniach 30–60 razy. Również zgodnie z oczekiwaniami, klasyczne zdjęcia fotograficzne nie oddawały wystarczająco dokładnie obrazu obserwowanego zjawiska. Z tego powodu dla celów procesowych zalecić należy wykonywanie zdjęć w elektronowym mikroskopie skaningowym. Zdjęcia takie wykonano dla celów niniejszej publikacji w powiększeniach 75 razy i 150 razy (preparaty napylane złotem).

Opisana reguła sprawdziła się w odniesieniu do wszystkich skrzyżowań linii tonera drukarki laserowej z liniami długopisów (ryciny 1 i 2), liniami ołówków kredkowych oraz liniami kredek. Przy systematycznych badaniach zauważono jednakże, że efekt zakłóceń „normalnego" stapiania się aglomeratów cząstek tonera zależy nie tylko od składu leżącego pod spodem materiału kryjącego, ale także od głębokości reliefu powstałego w wyniku mechanicznego działania narzędzia pisarskiego. Działanie tego drugiego czynnika (reliefu) przejawiało się w zwężeniu szerokości kreski nadruku kserofotograficznego właśnie w miejscu skrzyżowania z wgłębioną linią wcześniejszego zapisu. Jasno to objaśnić można zakłóceniem procesu elektrostatycznych oddziaływań między powierzchnią fotoczułego walca (pokrytego naładowanymi cząstkami tonera) a odkształconą (wgłębioną) powierzchnią papieru. Efekt ten z pewnością można było przewidzieć teoretycznie, ale skoro piszący te słowa wcześniej tego nie uczynił, teraz winien przynajmniej sprawdzić poprawność wyprowadzonych wniosków obserwacyjnych.

Dodatkowy eksperyment przeprowadzono z liniami pierwotnego zapisu kreślonymi przy mocno zróżnicowanym nacisku. Wykorzystano linie długopisowe, linie kreślone ołówkiem grafitowym oraz czyste reliefy (wytłoczone ostrzem metalowym). W ten sposób, dzięki zastosowaniu kryterium jedynej różnicy, można było podjąć próbę objaśnienia przyczyn zakłóceń „normalnego" wyglądu linii tonera w miejscach

skrzyżowania z wgłębionymi liniami pierwotnych „zapisów". Przedstawione zdjęcia (ryciny 1–4) pozwalają na wyprowadzenie stwierdzenia, iż na całość zakłóconego obrazu linii tonera w miejscu skrzyżowania z wcześniej naniesionym zapisem składają się trzy elementy:

1. zwężenie linii nadruku (rezultat procesów elektrostatycznych);
2. zmiana struktury stopionych aglomeratów jako rezultat obniżenia temperatury stapiania w efekcie oddalenia wgłębionych miejsc od „prasującego" walca;
3. zmiana struktury stopionych aglomeratów jako efekt obniżenia się temperatury topnienia drobin tonera wchodzących w kontakt z nadtopioną substancją linii wcześniej naniesionych na podłoże.