



# DETERMINATION OF OPTIMAL ORDER OF PERFORMANCE OF FINGERPRINT AND SPEECH AND AUDIO ANALYSIS ON MAGNETIC TAPES

Jerzy BRZOZOWSKI, Mateusz KAJSTURA

*Institute of Forensic Research, Krakow, Poland*

## Abstract

If it is necessary to carry out fingerprint examination and speech and audio or video analysis on the same tape then a decision should be made as to which procedure should be performed first in order to avoid a loss of important information. The following experiments were performed within the presented research: analysis of efficiency of fingerprint development on a magnetic tape by application of standard fingerprint development methods, analysis of the influence of application of these methods on magnetic tape features, analysis of effects of friction between reading heads and tape surface on left fingerprints. It was observed that application of the cyanoacrylate method and contrast agent Ardrex to fingerprint development did not give better results than the visual method and at the same time could make recording analysis impossible. Fingerprints of insufficient quality, if they are fresh, can be enhanced by application of latent print powders. Performance of video and especially speech and audio analysis before fingerprint examination could cause degradation of fingerprints which were left on the magnetic surface of a tape, during friction (rubbing) of video heads on the magnetic surface of a tape.

## Key words

Magnetic tapes; Order of analysis; Fingerprint examination; Speech and audio or video analysis.

*Received 25 November 2008; accepted 28 January 2009*

## 1. Introduction

Magnetic, audio or video tapes are not touched in general by users as they are enclosed in a cassette. Nevertheless, there is a lack of established guidelines concerning how to proceed and in what order if it is necessary to carry out development and securing of fingerprints and also speech and audio or video analysis [2]. Methods employed in fingerprint analysis which are used for smooth, non-absorptive and plastic surfaces require application of higher temperature and air humidity (cyanoacrylate method), chemical agents (solution of fluorescence dye), water (rinsing off the dye) or dusts (latent print powders) [3]. These agents could destroy the surface and make performance of

speech and audio or video analysis impossible [1, 4, 7]. On the other hand, audio and video reproduction appliances are equipped with heads which have direct contact with the magnetic surface of a tape. At the same time, the non-magnetic surface is in contact with guide and tension rolls, i.e. it rubs against rolls during movement. Therefore, in theory, performing of speech and audio or video analysis before fingerprints analysis could cause wiping off of fingerprints from the tape surface during rewind and playback. So it is necessary to determine which analyses and should be performed and in what sequence in order to avoid evidence destruction or at least reduce loss of information recorded on a tape.

The main aim of the research was to establish the order of analysis of magnetic tapes, i.e. should fingerprint analysis or speech and audio or video analysis be carried out first. The research encompassed the following steps:

- analysis of efficiency of fingerprint development agents on a magnetic tape by application of standard fingerprint development methods;
- analysis of influence of these methods on features of a magnetic tape;
- analysis of effects of friction between reading heads and tape surface on quality of left fingerprints.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Analysed magnetic tapes

VHS standard magnetic tapes were selected for analysis because of their convenient width (12.7 mm), mechanical durability and because it is possible to analyse changes of both audio and video signals on them. EMTEC cassettes (model E-180 HOME TV MASTER) and TDK cassettes (model E-180 TVED) were used in experiments.

### 2.2. Evaluation of selection of material for experiments

Audio tapes were not the subject of research as results of preliminary research showed that it was difficult to evaluate the quality of fingerprints left on such a narrow (3.8 mm) surface as well as changes in their legibility which occurred under the influence of external factors and developing methods [4]. Moreover, it was concluded that fingerprints with identification value could only very rarely be found on these tapes, except situations where such fingerprints were deposited intentionally, i.e. during research. For the same reasons, micro-cassettes were not the subject of analysis. Moreover, these cassettes have the same width (3.8 mm) and the same magnetic layer as tapes used in compact cassettes. They also have a surface that is approximately half as thick (ca. 0.006 mm in micro-cassettes in comparison to ca. 0.012 mm in compact cassettes). Therefore, they are more susceptible to being mechanically destroyed, e.g. during planned research.

Use of video tapes in research also has the advantage that recording and playback of sound on the mentioned tapes is made in the same way as on audio tapes. Therefore, results of research carried out on video tapes could be applied to audio tapes.

There is an important difference between audio and video tapes from the point of view of (possibility of) fingerprint analysis. This difference concerns the method of data playback. An audio tape moves on the surface of immobile reading heads, whose length is 5–10 mm, and a typical speed of moving is up to 4.76 cm/s for compact cassettes. VHS tape moves with a speed of 2.34 cm/s in video cassette recorders and it touches the surface of immobile voice readings heads and frame synchronisation heads, as well as three erasing heads. Moreover, on a section of length approx. 97 mm, it touches video and audio HiFi heads on a rotary drum. This drum rotates with a speed of 25 revolutions per second. Relative speed of movement between tape and rotating heads is as high as 4.87 m/s [4].

### 2.3. Methods of fingerprints development applied in research

A magnetic tape used for audio and video recording is a typical smooth and nonporous surface (polyester foil coated with polymer lacquer [4]). Therefore, standard procedures of fingerprint development used for such surfaces were applied in the research, i.e. optical methods, cyanoacrylate method with additional application of fluorescence dye, and powder method [3].

The optical method is based on the contrast between the fingerprint and surface, in this case, it is between matt sweat/grease substance and strongly gloss smooth type surface.

The cyanoacrylate method supported by application of fluorescence dye (Ardrox) for additional contrasting allows improvement of quality of left fingerprints and enhancement of its contrast in relation to the surface, especially if it is a dark surface. Moreover, the cyanoacrylate dulls the surface, partially eliminating its gloss and making it easier to take photos of fingerprints.

Powder methods of fingerprint development are based on the phenomenon of adhesion observed on the sticky surface of the substance forming the fingerprint. Therefore, they are not useful for development of old and dry fingerprints.

### 2.4. Equipment and reagents

Observation and photographing of fingerprints were carried out by application of DCS-3 (Foster and Freeman) equipped with a Fujifilm Finepix S2 Pro camera with a Micro Nikkor 55 mm objective and a forensic light source CrimeLite 4 4. This equipment allowed us to make observations in white, blue (430–470 nm), blue-green (460–510 nm) and green

(500–550 nm) light. Cyanoacrylate glues (Superglue), fluorescence dye (Ardrox) and seven different fingerprint development powders were used to develop fingerprints. Fingerprint development by the cyanoacrylate method was performed in a conditioned chamber KSX 213 (Stanimex). Moreover, two types of video cassette recorder were used: Sony, model SLV-SE820 and Panasonic, model NV-HS830.

### 3. Fingerprints analysis

#### 3.1. Influence of time elapsed on quality of fingerprints left on magnetic tapes

Fingerprints left by four donors were used in the research – two women and two men. One woman and one man left fingerprints whose quality was low and which dried easily. The others left fingerprints of good quality, i.e. better saturated by sweat/grease substance. Fingerprints were left on both types of tapes (EMTEC and TDK) on magnetic and non-magnetic surfaces by single touching of a tape surface by fingertips. Two sets of such fingerprints were collected: fresh and after 10 weeks. This allowed us to directly compare fresh and 10-week old fingerprints in the same conditions, as well as to observe effects of application of the cyanoacrylate and Ardrox method (Figure 1).

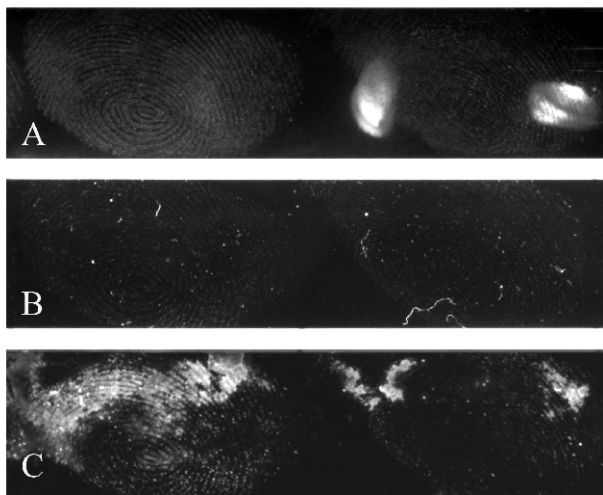


Fig. 1. Images obtained after fingerprint development on a magnetic tape: A) fresh; B) developed by application of cyanoacrylate method; C) developed by application of cyanoacrylate method with additional contrasting by Ardrox.

A comparison of fingerprints which were not treated by development methods showed that saturation of fingerprint by sweat/grease substance has cru-

cial importance. Fingerprints left by “good” donors were as legible after 10 weeks as fresh ones. Fingerprints left by “bad” donors, which were poorly legible from the beginning, did not change in a significant way. The fingerprints survived equally well on both sides of tape. Taking photos of the smooth magnetic side caused some technical problems because of strong reflections.

#### 3.2. Effects of application of cyanoacrylate method and Ardrox

Application of the cyanoacrylate method had the same effect on all analysed fingerprints. Cyanoacrylate matted the tape surfaces, which slightly reduced the difference in gloss between the sweat/grease substance and the tape surface. The reagent which precipitated on the fingerprints slightly improved their colour contrast. The end result was no observed improvement or deterioration in fingerprints quality.

No significant difference between fresh and 10-week fingerprints was observed at this step of research either. Their starting condition was much more significant, similarly to the case of fresh marks. The texture of tapes was slightly changed after application of cyanoacrylate. They became much rougher and showed a lower tendency to longitudinal bending, which made the photographing process easier.

Ardrox application as an additional contrasting agent did not improve the quality of developed fingerprints – in fact, it sometimes worsened it because of the formation of dye stains. In general, fingerprints which were highly visible and legible from the beginning retained better clarity in comparison to fingerprints whose quality was low from the beginning. Ardrox additionally changed the physical features of magnetic tapes by making them more flexible and rougher to the touch.

It should be concluded that application of cyanoacrylate and Ardrox in the case of magnetic tapes did not give the required results. The effect of their action is slight and magnetic tape could not be used after performing of the development process because a cyanoacrylate layer precipitated on its surface, whose removal is difficult. Moreover, tape physical features could be changed as a result of the action of high temperature, humidity or chemical reactions together with development agents. Possible improvement in quality of the observed fingerprint can be obtained by photographing it with application of oblique illumination with the aim of avoiding reflections, and at the same time the tape should be taut as this reduces bending.

### 3.3. Results obtained by application of fingerprint powders

Latent print powders are recommended for fresh fingerprints which retain their natural stickiness [6]. Preliminary research carried out on magnetic tapes allowed us to conclude that application of powders caused their destruction because a strong background was obtained. That is why research on application of powder methods in the contrasting of visible traces was carried out using fresh fingerprints. In the experiments, fingerprints deposited by a man who was a "bad" donor of sweat/grease substance were used. Thus, fingerprints left by him were characterised by relatively low legibility. The following powders were used in experiments:

- magnetic: black, white and silver;
- non-magnetic: gold, silver, black, Bichromatic and fluorescent red (Redwop).

The results of the experiment are presented in Figure 2.

The best effects, in comparison to fresh fingerprints, were obtained by application of magnetic powders – as they precipitate on the surface to a minimal

degree and they very convey fingerprint features at the same time. White magnetic powder gave the best contrast with dark tape surface, but even black powder, which contrasted least with the tape surface, also gave good results.

Non-magnetic powders contaminated the background to a higher degree. The best results were obtained using non-magnetic black powder, but its colour meant that developed fingerprints contrasted quite weakly with the tape surface. The worst results were obtained by application of gold and Redwop powders. Application of these two powders significantly reduced the quality of the developed fingerprints. It also turned out that observation of fingerprints developed by Redwop, with application of fluorescence illumination, gave worse results than observing them in white light. This was due to the bright shining of the fingerprints background.

It could be concluded that the effects of application of powders to fingerprint development were significantly better than the effects of application of the cyanoacrylate method on condition that the studied fingerprints were fresh.

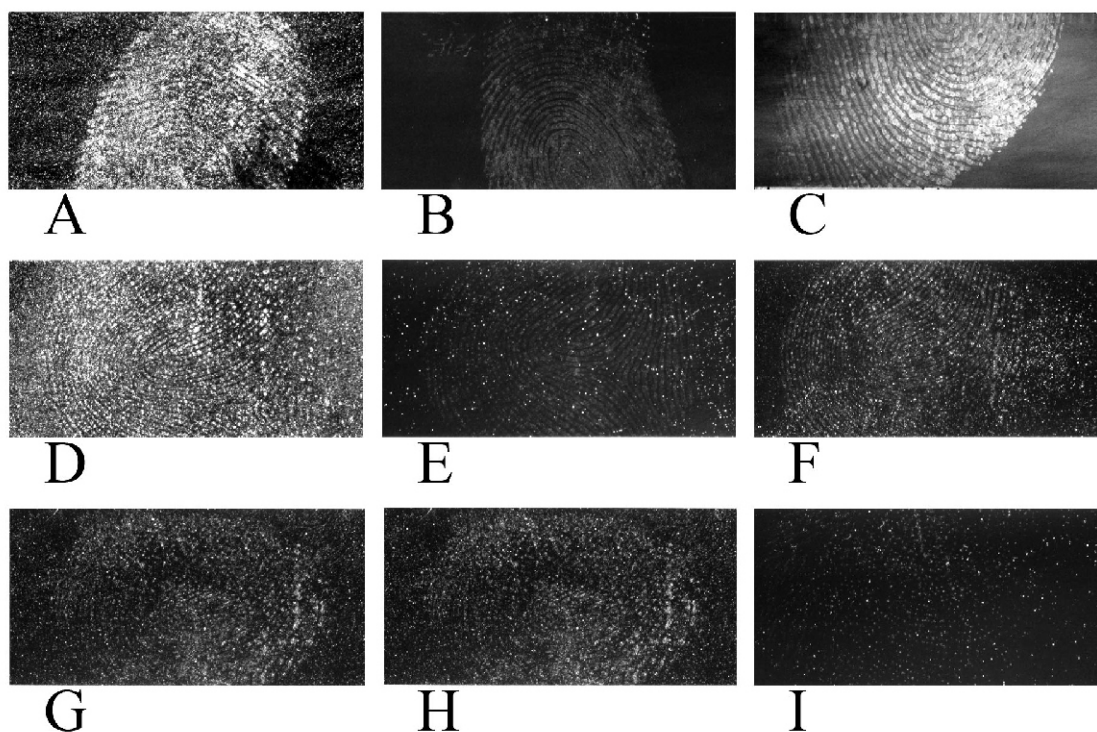


Fig. 2. Effects of application of latent print powders on magnetic tapes: A) silver magnetic; B) black magnetic; C) white magnetic; D) silver non-magnetic; E) black non-magnetic; F) Bichromatic powder; G) Redwop powder; H) gold non-magnetic, I) untreated mark.

#### 4. Interactions between fingerprint analysis and audio or video analysis in the case of magnetic tapes examination

##### 4.1. Analysis of the influence of the heads of a video cassette recorder on magnetic tape surface contamination

Firstly, before performing the main experiments, the spreading of contamination on a tape surface during heads friction was studied. To this end, marks made using two different permanent markers were left on the magnetic surface of a TDK tape and a cycle of playback and rewind of a tape was repeated five times. The tape was photographed after each cycle with the aim of documenting observed changes. Slanted and parallel scratches on analysed traces, made by abrasion of covering material, were observed just after the first cycle of playback and rewind of the tape. Their angle in relation to the tape edge corresponded to the direction of video heads movement, i.e.  $6^\circ$ . It was ascertained that the intensity of observed scratches increased after each successive cycle of playback and rewind of tape and there was a movement of pigment particles outside the area of tested marks (Figure 3).

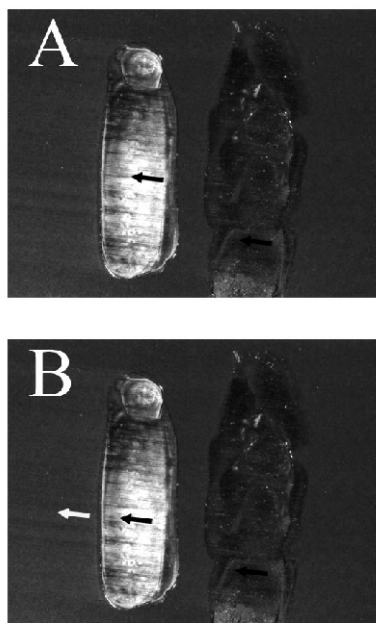


Fig. 3. Effects of rubbing of video cassette recorder heads on the surface of a magnetic tape: A) wearing away of marks made by permanent markers after a first cycle of playback and rewind of tape; B) wearing away of marks made by permanent markers after five cycles of playback and rewind of a tape. White arrow shows direction of spread of marker substance beyond test mark area. Black arrows show course of lines obtained during wearing away of marks made by permanent markers.

In the next stage of the performed research, the influence of video cassette recorder heads on durability of un-developed fingerprints left on VHS tapes during playback was analysed. EMTEC and TDK tapes were used in the experiments. Two men left fingerprints of all fingers by impressing each fingertip once on the magnetic surface of tapes, i.e. the surface which is directly subject to contact with rolls and heads. During experiments, a test recording with left fingerprints was played back and then the tape was rewound to the beginning. The review playback function was used. Therefore, the tape had contact with all the video cassette recorder rolls and heads during the playback and rewinding process. The video cassette recorder heads were cleaned after the end of each experiment with the aim of removing their potential contaminations.

Tape was analysed after the first, fifth, tenth and fifteenth performed cycle of playback and rewind of the tape (Figure 4). It was observed that most of the fingerprints were seriously damaged after five cycles. Only individual fingerprints, probably those having lots of grease substance, survived in a relatively unchanged state till the end of the experiment. Moreover, progressive destruction of the magnetic surface of the tape was observed in the form of scratches made by friction between the video cassette recorder heads and the tape surface and bends caused by removing tapes from a cassette with the aim of analysing them.

Therefore, in the second experiment, an analysis of the state of fingerprints on the tape was made after performing each of five cycles without removing the tape from the cassette with the aim of taking photographs. The cassette was only opened and the interlock was blocked (Figure 5).

It was observed that most fingerprints were seriously damaged after the first cycle and that most fingerprints disappeared to a significant degree after five cycles. Nevertheless, a fingerprint sporadically survived in a good condition after five cycles. No correlation between initial fingerprints quality and their resistance to the abrasion process was observed. Moreover, it was not observed that any of analysed tapes had a better surface for leaving fingerprints. Oblique illumination allowed obtaining of better quality of photographs.

##### 4.2. Analysis of the influence of the presence of contamination on a tape surface on video image quality

Analysis of the influence of tape contamination by sweat/grease substance on test audio and video signal recorded on it was the next stage of the performed re-

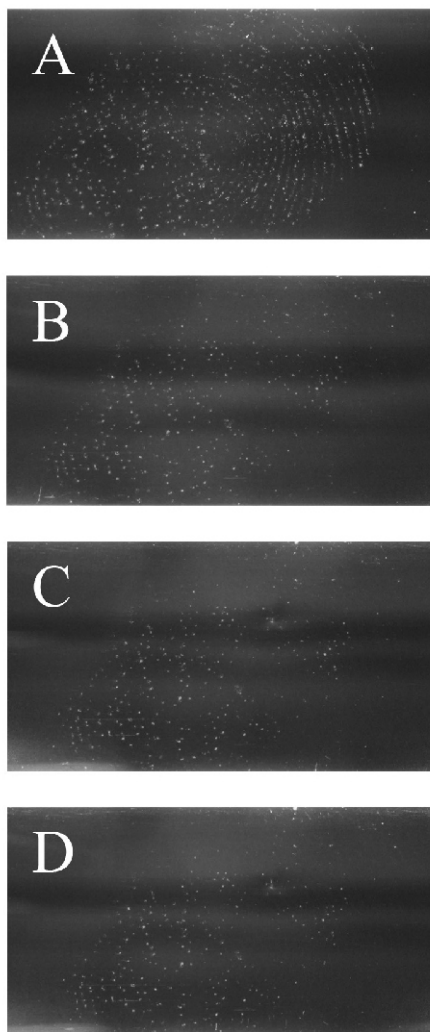


Fig. 4. Effects of abrasion of non-developed fingerprint by video cassette recorder reading and writing heads: A) fingerprint appearance before playback of recording; B) fingerprint appearance after five cycles of playback and rewind of a tape; C) fingerprint appearance after ten cycles of playback and rewind of a tape; D) fingerprint appearance after fifteen cycles of playback and rewind of a tape.

search. Preliminary research allowed us to conclude that a fresh sweat/grease fingerprint left on audio magnetic tape caused limited distortion of recorded sound, i.e. it was not outside the acceptable level of distortion resulting from the structure of the tape and instability of movement. Similar observations were made for sound recorded along the edge of a VHS tape.

The test pattern in the form of eight vertical strips in various colours was recorded on both analysed tapes with the aim of making it possible to evaluate the influence of contamination on recorded video signal. Next, two men left their fingerprints on the magnetic surface of the tape and after several minutes a cycle of play-

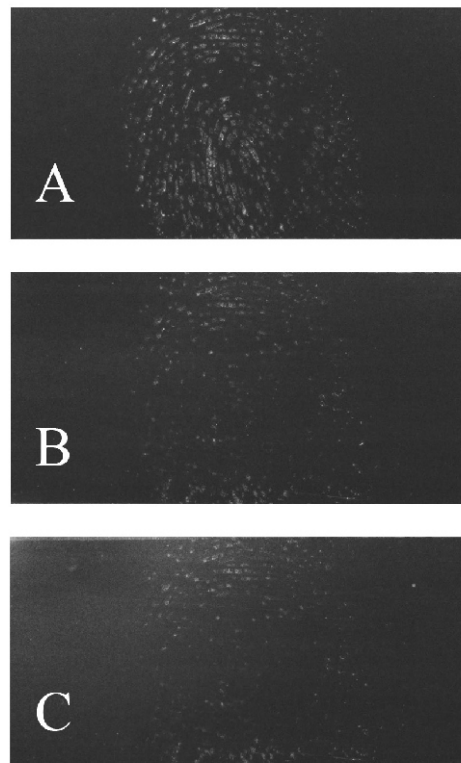


Fig. 5. Effects of abrasion of non-developed fingerprint by video cassette recorder reading and writing heads: A) fingerprint appearance before playback of recording; B) fingerprint appearance after first cycle of playback and rewind of a tape; C) fingerprint appearance after five cycles of playback and rewind of a tape.

back and rewind (with the review playback function) was performed. The cycle was performed five times. At the same time, a digital copy of the playback video was made. This allowed us to document the observed interferences. It was observed that the sweat/grease substance causes the occurrence of horizontal interferences which moved from the top to the bottom of the picture. This was as expected, as it resulted from the structure of the data record on the magnetic tape [4]. It was also observed that the most serious interferences occurred after the first cycle. An improvement of video quality was observed after performing the next cycles. This was an effect of the spread of contaminations by heads.

Application of magnetic latent print powders caused strong interferences on picture of test pattern, sometimes including loss of synchronisation, after the performing of the first cycle. The performing of successive cycles of playback and rewind of a tape wiped off excess powder from the tape. This caused, firstly, cleaning of fingerprint background and next disappearance of the fingerprint itself after three cycles

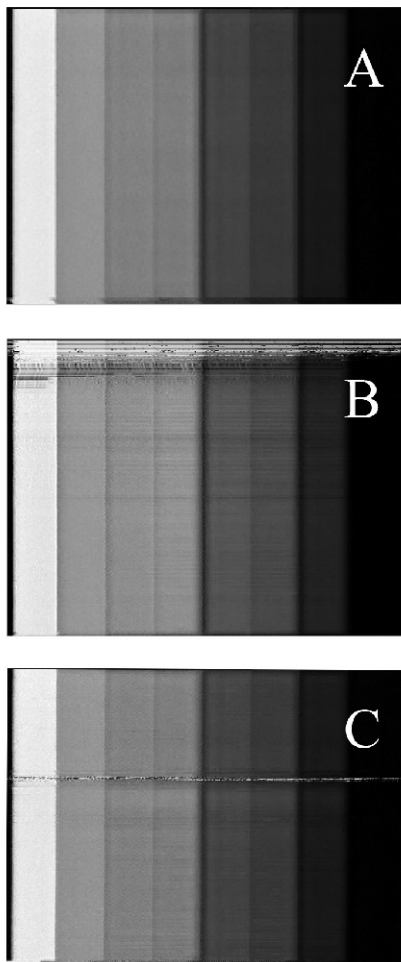


Fig. 6. Effects of abrasion of contaminations from tape surface by video cassette recorder reading and writing heads: A) a control image from a tape without contamination; B) a control image from a tape with left fingerprints, which were developed using powder, after first playback of recording; C) a control image from a tape covered with left fingerprints, which were developed by powder, after the fourth recording playback.

(Figure 6). After that, contaminations present on the tape surface were removed by application of n-hexane and the tape was dried. This procedure caused a significant improvement in recorded signal and observed interferences were similar to these observed after the fifth cycle of playback and rewind of tape on which fresh fingerprints were left. No damage of signal recorded on the tape was observed when small amounts of magnetic powder were applied with a magnetic brush [5]. Washing off of powder with n-hexane allowed us to almost completely restore the original recording quality.

Serious damage to the magnetic recording was observed only after application of a strong magnet in the

experiment. This magnet, much stronger than the magnet which forms part of the magnetic brush, was moved directly on the magnetic surface of the tape.

The influence of using the cyanoacrylate method to develop fingerprints on audio-visual quality was not analysed, as due to application of this method, a layer of cyanoacrylate is deposited on the tape surface, of thickness comparable to that of the tape itself. This layer is resistant to abrasion (wearing away), and may damage video cassette recorder rolls and heads, especially those video heads mounted on a rotary drum. Nevertheless, it should be concluded that in such cases, significant so-called contact losses would be observed and this could cause a total signal disappearance. This is because of moving away of the magnetic layer of the tape from heads caused by the presence of the additional layer of cyanoacrylate.

## 5. Summary of performed research

The results of the research may be summarised as follows:

- legibility of fingerprints left on a magnetic tape depends mainly on fingerprint saturation by sweat/grease substance;
- durability of fingerprints left on a magnetic tape is high. Fingerprints can survive several weeks without significant changes;
- both fresh and old fingerprints should be developed by application of optical (visual) methods. Fingerprints should be observed with application of oblique illumination because of strong tape gloss;
- the cyanoacrylate method is not as effective as might be expected. Therefore, it is not proposed that it should be used in practice, especially since cyanoacrylate present on a tape surface could destroy the heads of the video player;
- powder methods gave good results in the case of fresh fingerprints, but they are not recommended in the case of old fingerprints;
- fingerprints left on the magnetic side of a tape are smudged and wiped by heads of a video/audio player by the friction (abrasion) on the tape surface;
- a reduction of quality of most fingerprints was observed after the first recording playback. Nevertheless, it was observed, in sporadic cases, that fingerprints could survive up to fifteen playbacks;
- all surface contaminations cause local interference to the audio/video signal. This concerns both sweat/grease substance and latent print powders;

- the latent print powders can be washed off by application of n-hexane without damaging the recording;
- frequent playback of a recording damages the tape surface (scratches are made). Nevertheless, contamination and bends of a tape have a much more significant influence on signal quality. Therefore, it is suggested that all contaminations are removed before analysis of a recording and any handling of the tape should be done very carefully in order not to bend it.

## 6. Conclusions

Results of performed research suggest that if it is necessary to perform fingerprints development and speech and audio or video analysis on the same tape, then fingerprint analysis should be performed first. The following procedure is proposed:

- open cassette and make a visual analysis of the tape when rewinding by hand with released interlock. Observed fingerprints should be documented by taking suitable photos with application of top or oblique illumination (strong, white light);
- if a tape surface is not significantly scratched and fingerprints do not reveal features of ageing then they could be developed by application of developing powders. Developed and photographed fingerprints could be copied onto fingerprints collection foil;
- close the cassette;
- make a copy of the recording for future analysis purposes;
- if contaminations made by sweat/grease substance or latent print powder interfere with obtaining data that is important for analysis of the recording, then they should be removed from the tape surface.

## References

1. Archiving and handling recommendation, EMTEC Magnetics GmbH, <http://www.reeltoreel.de/worldwide/Tips03.htm>.
2. Czubak A., Ekspertyza daktyloskopijna, [w:] Ekspertyza sądowa. Zagadnienia wybrane, Wójcikiewicz J. [red.], Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o., Warszawa 2007.
3. Fingerprint development handbook, home office scientific development branch, HOSDB 2005.
4. Iwanicka B., Koprowski E., Kasety magnetofonowe i magnetowidowe, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1988.
5. Koenig B. E., Authentication of forensic audio recordings, *Journal of Audio Engineering Society* 1990, 38, 3–33.
6. Moszczyński J., Daktyloskopia, Wydawnictwo CLK KGP, Warszawa 1997.
7. Van Boggart J. W. C., Magnetic tape storage and handling a guide for libraries and archives, National Media Laboratory, June 1995, <http://www.clir.org/pubs/reports/pub54/index.html>.

---

### Corresponding author

Jerzy Brzozowski  
Instytut Ekspertyz Sądowych  
ul. Westerplatte 9  
PL 30-033 Kraków  
e-mail: [jbrzozowski@ies.krakow.pl](mailto:jbrzozowski@ies.krakow.pl)

---



# USTALANIE OPTYMALNEJ KOLEJNOŚCI PROWADZENIA BADAŃ DAKTYLOSKOPIJNYCH I ANALIZY NAGRANIA NA TAŚMACH MAGNETYCZNYCH

## 1. Wstęp

Taśma magnetyczna, magnetofonowa lub magnetowidowa z reguły nie jest dotykana gołymi rękami, ponieważ jest zamknięta w kasecie. Niemniej w przypadku, kiedy pojawia się kwestia zbadania taśmy zarówno pod kątem ujawnienia i zabezpieczenia śladów daktyloskopijnych, jak i analizy nagrania, powstaje problem związany z brakiem ustalonych procedur postępowania i kolejności wykonywania badań [2]. Używane w daktyloskopii metody ujawniające, stosowane dla podłoża gładkich, niechłonnych, wykonanych z tworzywa sztucznego, wymagają poddawania podłoża działaniu podwyższonej temperatury i dużej wilgotności powietrza (metoda cyjanoakrylowa), środków chemicznych (roztwór barwnika fluorescencyjnego), wody (spłukiwanie barwnika fluorescencyjnego) bądź też pyłów (proszki daktyloskopijne) [3]. Czynniki te grożą zniszczeniem podłoża i uniemożliwieniem wykonania w następnej kolejności badań fonoskopijnych [1, 4, 7]. Z drugiej strony w urządzeniach odtwarzających obraz i dźwięk pracują głowice mające bezpośredni kontakt z powierzchnią magnetyczną taśmy, zaś strona niemagnetyczna styka się w kasecie z rolkami napędzającymi oraz napinającymi i trze o nie podczas ruchu. Teoretycznie zatem wykonanie badań fonoskopijnych przed daktyloskopijnymi może spowodować starcie śladów linii papilarnych z powierzchni odtwarzanej i przewijanej taśmy. Należy zatem rozstrzygnąć kwestię, jakie badania i w jakiej kolejności należy przeprowadzić, aby uniknąć zniszczenia dowodu albo przynajmniej ograniczyć straty informacji na nim zapisanej.

Głównym celem było ustalenie kolejności przeprowadzenia badań daktyloskopijnych i analizy nagrania na jednym nośniku. Realizacja tego celu składała się z zadań częściowych:

- sprawdzenia skuteczności ujawniania śladów daktyloskopijnych na taśmie magnetycznej przy użyciu standardowych metod daktyloskopijnych;
- ustalenia wpływu zastosowania tych metod na właściwości taśmy magnetycznej;
- zbadania efektów tarcia głowic odtwarzających o powierzchnię taśmy na naniesione ślady daktyloskopijne.

## 2. Materiały i metody

### 2.1. Materiał badawczy

Do badań wybrano taśmy magnetowidowe o standardzie VHS ze względu na dogodną ich szerokość (12,7 mm), wytrzymałość mechaniczną oraz możliwość obserwacji zmian sygnału zarówno audio, jak i wideo. W eksperymentach wykorzystano kasety marki EMTEC model E-180 HOME TV MASTER oraz marki TDK model E-180 TVED.

### 2.2. Uzasadnienie doboru materiału do badań

Odstąpiono od pierwotnie planowanych eksperymentów na taśmach magnetofonowych, jako że ze wstępnych badań wynikało, iż trudno jest ocenić jakość śladów daktyloskopijnych pozostawionych na tak wąskim podłożu (3,8 mm) oraz zmiany ich czytelności zachodzące pod wpływem czynników zewnętrznych, jak również metod ujawniających [4]. Ponadto stwierdzono, że w przypadkach nieintencjonalnego dotknięcia taśm magnetofonowych niezwykle rzadko zdarzają się ślady mające wartość identyfikacyjną. Z tego samego powodu nie zajmowano się taśmami z mikrokaset, które mają taką samą szerokość nośnika (3,8 mm) i analogiczną warstwę magnetyczną jak taśmy wykorzystywane w kasetach kompaktowych, natomiast mają w przybliżeniu dwukrotnie cieńszą warstwę podłoża (około 0,006 mm w porównaniu do około 0,012 mm dla kaset kompaktowych). Są tym samym bardziej narażone na mechaniczne uszkodzenia, jakie mogłyby powstać podczas planowanych badań.

Użycie w doświadczeniach taśm magnetowidowych miało jeszcze tę zaletę, że zapis i odtwarzanie dźwięku na wspomnianych nośnikach wykonuje się w podobny sposób jak na taśmach magnetofonowych, a zatem wyniki doświadczeń na tych pierwszych można przenieść na te drugie.

Z punktu widzenia możliwości analizowania śladów daktyloskopijnych istotna różnica pomiędzy taśmami magnetofonowymi a magnetowidowymi wynika ze sposobu odczytywania danych. W przypadku magnetofonów taśma przesuwana się po powierzchni nieruchomej głowicy odczytującej, której długość wynosi 5–10 mm, a typowa prędkość przesuwu dla kaset kompaktowych to 4,76 cm/s. W magnetowidach o standardzie VHS taśma przesuwana się z prędkością 2,34 cm/s, dotykając powierzchni nieruchomych: głowicy odtwarzającej dźwięk

oraz głowicy kodu synchronizacji poszczególnych klatek obrazu, a także trzech głowic kasujących. Ponadto na odcinku około 97 mm styka się z wirującym bębnum zespołu głowic odtwarzających obraz i ewentualnie dodatkowo dźwięk hi-fi. Bęben ten obraca się z prędkością 25 obr./s. Względna prędkość przesuwu pomiędzy taśmą a wirującymi głowicami wynosi aż 4,87 m/s [4].

### 2.3. Metody ujawniania śladów linii papilarnych zastosowane w badaniach

Taśma magnetyczna używana do zapisu dźwięku i obrazu jest typowym gładkim podłożem niechłonnym (folia poliestrowa pokryta lakierem polimerowym [4]), zatem do eksperymentów użyto metod standardowo stosowanych do badań takich podłoży, tj. metody optycznej, metody cyjanoakrylowej z dodatkowym kontrastowaniem barwnikiem fluorescencyjnym oraz metody prozkowej [3].

Metoda optyczna wykorzystuje kontrast pomiędzy śladem a podłożem, w tym przypadku pomiędzy matową substancją potowo-tłuszczową a silnie połyskującą, gładką powierzchnią taśmy.

Metoda cyjanoakrylowa wspomagana kontrastowaniem z zastosowaniem barwnika fluorescencyjnego Ardrex pozwala poprawić jakość pozostawionych śladów i zwiększyć ich kontrast z podłożem, zwłaszcza podłożem o ciemnej barwie. Dodatkowo cyjanoakrylan matowe podłoże, częściowo eliminując jego połysk, co w niektórych przypadkach ułatwia sfotografowanie śladów.

W metodach z użyciem prozków daktyloskopijnych wykorzystuje się zjawisko adhezji na lepkiej powierzchni substancji tworzącej ślad. Z tego powodu nie nadają się do one ujawniania śladów starych i wyschniętych.

### 2.4. Aparatura i odczynniki

Do obserwacji i utrwalania fotograficznego śladów linii papilarnych użyto stacji roboczej DCS-3 firmy Foster and Freeman wyposażonej w aparat Fujifilm Finepix S2 Pro z obiektywem Micro Nikkor 55 mm oraz oświetlacz diodowy CrimeLite 4 4 pozwalający na obserwację obiektów w świetle białym, niebieskim (430–470 nm), niebieskozielonym (460–510 nm) i zielonym (500–550 nm). Do ujawniania śladów daktyloskopijnych wykorzystano klej cyjanoakrylowy Superglue, barwnik fluorescencyjny Ardrex oraz siedem różnych prozków daktyloskopijnych. Ujawnianie śladów metodą cyjanoakrylową prowadzone było w komorze klimatyzowanej typu KSX 213 firmy Stanimex. Ponadto korzystano z dwóch rodzajów magnetowidów: marki Sony, model SLV-SE820 oraz marki Panasonic, model NV-HS830.

## 3. Badania daktyloskopijne

### 3.1. Wpływ czasu na jakość śladów linii papilarnych naniesionych na taśmy magnetyczne

W doświadczeniu wykorzystano ślady pozostawione przez czworo donorów – dwie kobiety i dwóch mężczyzn. Jedna kobieta i jeden mężczyzna pozostawiali ślady gorszej jakości i łatwo wysychające, natomiast pozostałe dwie osoby pozostawiały ślady dobrej jakości, bardziej wysyczone substancją potowo-tłuszczową. Ślady były pozostawione na obu typach taśm (EMTEC i TDK) zarówno po stronie magnetycznej, jak i niemagnetycznej poprzez jednokrotne dotknięcie powierzchni opuszką każdego palca. Zebrano dwie serie takich śladów w odstępie dziesięciu tygodni. Uzyskano w ten sposób możliwość bezpośredniego porównania w tych samych warunkach śladów świeżych i dziesięcioletnich, jak również możliwość obserwacji efektów stosowania na nich metody cyjanoakrylowej oraz Ardrexu (rycina 1).

Porównanie śladów niepoddanych działaniom ujawniającym wykazało, że kluczowe jest wysycenie śladu substancjami potowo-tłuszczowymi. Ślady pozostawiane przez „dobrych” donorów pozostawały po dziesięciu tygodniach równie czytelne, jak świeże. Ślady pozostawiane przez „złych” donorów, od początku słabo czytelne, nie zmieniały się w wyraźny sposób. Na obu stronach taśm ślady zachowywały się jednakowo dobrze. Fotografowanie gładkiej, magnetycznej strony, nastęczało natomiast pewnych trudności technicznych z powodu silnych odbłasków.

### 3.2. Efekty stosowania metody cyjanoakrylowej i Ardrexu

Zastosowanie metody cyjanoakrylowej w jednakowy sposób wpłynęło na wszystkie badane ślady. Cyjanoakrylan zmatowił powierzchnie taśm, przez co trochę zniwelowana została różnica połyskliwości pomiędzy substancją potowo-tłuszczową a podłożem. Odczynnik, osadzając się na śladach, poprawił nieznacznie ich kontrast barwny. W efekcie końcowym nie zaobserwowano ani poprawy, ani pogorszenia jakości obserwowanych śladów.

Również na tym etapie doświadczenia nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy śladami świeżymi i dziesięcioletnimi. O wiele istotniejsza była ich pierwotna jakość, podobnie jak w przypadku śladów surowych. W efekcie zastosowania cyjanoakrylanu zmieniła się nieco faktura taśm. Stały się one bardziej szorstkie i wykazywały mniejszą tendencję do podłużnego wyginania się, co ułatwiło ich fotografowanie.

Zastosowanie Ardrexu jako dodatkowego środka kontrastującego nie poprawiło jakości ujawnianych śladów, a wręcz miejscami ją pogorszyło z powodu utwo-

rzenia się plam barwnika. Dodatkowo z powodu świecenia tła spadła kontrastowość śladów. Generalnie ślady uprzednio dobrze widoczne i czytelne zachowały lepszą wyrazistość w porównaniu ze śladami od początku słabymi. Ardrox dodatkowo zmienił właściwości fizyczne taśm, czyniąc je bardziej giętkimi i bardziej szorstkimi w dotyku.

Podsumowując, należy stwierdzić, że stosowanie cyjanoakrylanu i Ardroxu w przypadku taśm magnetycznych nie daje pożądaných skutków. Efekt działania jest znikomy, zaś po wykonaniu badania ujawniającego taśma magnetyczna może nie nadawać się do użytku z powodu osadzenia na niej trudnej do usunięcia warstwy cyjanoakrylanu lub też zmian jej fizycznych właściwości w wyniku działania wysokiej temperatury, wilgoci lub reakcji chemicznych ze środkami ujawniającymi. Ewentualną poprawę jakości zaobserwowanego śladu daktyloskopijnego można otrzymać przede wszystkim przez sfotografowanie go przy bocznym oświetleniu, aby uniknąć odblasków, przy czym taśma powinna być napięta, aby zniwelować jej wygięcie.

### 3.3. Wyniki uzyskane po zastosowaniu metod proszkowych

Metody proszkowe są zalecane do ujawniania śladów świeżych, zachowujących naturalną lepkość [6]. We wstępnych badaniach taśm magnetycznych stwierdzono, że próby kontrastowania proszkami śladów starych prowadziły do ich zniszczenia w wyniku powstania silnego tła. Dlatego badania nad efektami działania metod proszkowych celem skonstruowania widocznego śladu zostały przeprowadzone na śladach świeżych. Do eksperymentu wykorzystano ślady pozostawione przez jednego mężczyznę, który był „złym” donorem substancji potowłuszczowej, a w związku z tym pozostawiane przez niego ślady charakteryzowały się relatywnie słabą czytelnością. W doświadczeniu zastosowano następujące proszki:

- magnetyczne: czarny, biały i srebrny;
- niemagnetyczne: złoty, srebrny, czarny, Bichromatic oraz czerwony fluorescencyjny Redwop.

Rezultaty doświadczenia przedstawiono na rycinie 2.

W porównaniu ze śladami surowymi najlepsze efekty uzyskano w wyniku zastosowania proszków magnetycznych – w minimalnym stopniu osadzały się na podłożu, zaś bardzo wiernie oddawały cechy śladu. Najlepiej kontrastował z ciemną barwą podłoża biały proszek magnetyczny, ale i czarny, najmniej odcinający się od tła, dawał dobre rezultaty.

Proszki niemagnetyczne w większym stopniu zanieczyszczały tło. Z nich najlepsze efekty dał czarny proszek niemagnetyczny, choć jego barwa powodowała, że ujawnione nim ślady dosyć słabo odcinały się od podłoża. Najgorsze były wyniki uzyskane po zastosowaniu proszku złotego i Redwop. Użycie tych dwóch proszków

wręcz pogarszało jakość ujawnianych nimi śladów. Okazało się przy tym, że obserwacja fluorescencji śladów ujawnionych przy pomocy proszku Redwop daje jeszcze gorsze efekty niż oględziny w białym świetle z powodu silnego świecenia tła śladów.

Podsumowując, można stwierdzić, że efekty stosowania proszków do ujawniania śladów daktyloskopijnych były znacznie lepsze niż efekty stosowania metody cyjanoakrylowej, pod warunkiem jednak, że badane ślady były świeże.

## 4. Interakcje pomiędzy badaniami daktyloskopijnymi a analizą nagrania w przypadku taśm magnetycznych

### 4.1. Badanie oddziaływania głowic magnetowidu na zanieczyszczenia powierzchni taśmy magnetycznej

Na wstępie, przed przystąpieniem do właściwych eksperymentów, zbadano roznoszenie się zanieczyszczeń na powierzchni taśmy w wyniku tarcia głowicy. W tym celu na warstwie magnetycznej taśmy TDK wykonano ślady dwoma różnymi pisakami do folii i pięciokrotnie powtórzono cykl odtwarzania oraz przewijania taśmy, dokumentując fotograficznie stan wykonanych pisakami oznaczeń po każdym cyklu. Już po pierwszym odtworzeniu i przewinięciu taśmy zaobserwowano pojawienie się ukośnych, równoległych zarysowań na testowych znacznikach, wynikających ze ścierania się materiału kryjącego. Kąt ich nachylenia względem krawędzi taśmy odpowiadał kierunkowi ruchu głowic wizyjnych (6°). Stwierdzono, że z każdym powtórzeniem cyklu wzrastała intensywność obserwowanych zarysowań i następowało przenoszenie cząstek pigmentu poza obszar śladów testowych (rycina 3).

Kolejnym etapem badań było ustalenie wpływu głowic magnetowidu na trwałość nieutrwalonych śladów daktyloskopijnych pozostawionych na taśmach VHS podczas ich odtwarzania. W doświadczeniach wykorzystano taśmy EMTEC i TDK. Na ich powierzchni magnetycznej, bezpośrednio narażonej na kontakt z głowicą, dwóch mężczyzn pozostawiło serie śladów daktyloskopijnych poprzez jednorazowe odciśnięcie opuszek każdego palca po kolei. Podczas eksperymentów odtwarzano testowe nagranie z naniesionymi odciskami palców, a po jego zakończeniu przewijano taśmę ponownie do początku zapisu, wykorzystując przy tym funkcję podglądu. Tym samym zarówno podczas odtwarzania, jak i przewijania, taśma miała ciągły kontakt z wszystkimi głowicami magnetowidu. Po zakończeniu każdego eksperymentu czyszczono głowice magnetowidu, aby usunąć z nich ewentualne zanieczyszczenia.

W pierwszym eksperymencie dokonywano przeglądu taśm natychmiast po pozostawieniu śladów linii papilarnych oraz po pięciu, dziesięciu i piętnastu cyklach odtwarzania nagrania i przewijania taśmy wstecz (rycina 4). Stwierdzono, że większość śladów ulega szybkiej destrukcji już po pięciu cyklach przewijania, zaś tylko pojedyncze, prawdopodobnie zawierające dużo substancji tłuszczowych, przetrwały w mało zmienionym stanie do końca cyklu. W dodatku zauważono postępującą destrukcję nośnika magnetycznego taśmy przejawiającą się w postaci zarysowań wywołanych przez tarcie głowicy magnetowidu o powierzchnię taśmy i załamań spowodowanych wyjmowaniem taśmy z kasyety celem obserwacji.

W drugim eksperymencie prowadzono oględziny stanu śladów daktyloskopijnych po każdym przewinięciu taśm przez pięć cykli, przy czym zaprzestano wyjmowania taśm z kasyety celem sfotografowania, poprzestając jedynie na jej otwarciu i zablokowaniu wieka (rycina 5).

Stwierdzono w efekcie, że już pierwsze przewinięcie w wielu przypadkach mocno ścierało ślady, zaś po pięciu przewinięciach zdecydowana większość śladów w znacznym stopniu zanikała. Tym niemniej zdarzały się przypadki śladów, które w dobrym stanie przetrwały pięć cykli przewijania. Nie zaobserwowano korelacji pomiędzy początkową jakością śladów a ich odpornością na ścieranie, nie stwierdzono też, by któraś z badanych taśm była lepszym podłożem dla śladów. Podczas tworzenia dokumentacji fotograficznej najlepszą czytelność śladów uzyskano, stosując oświetlenie boczne.

#### 4.2. Badanie wpływu obecności zanieczyszczeń powierzchni taśmy na jakość obrazu wideo

Następnym etapem badań było ustalenie wpływu zanieczyszczeń taśmy substancją potowo-tłuszczową na zarejestrowany na niej testowy dźwięk i obraz. Na wstępie stwierdzono, że świeży potowo-tłuszczowy odcisk palca pozostawiony na taśmie magnetofonowej powoduje znikome zniekształcenia zarejestrowanego dźwięku, które nie odbiegają od dopuszczalnych zniekształceń wynikających z budowy taśmy i niestabilności jej przesuwu. Podobnie było z dźwiękiem zapisanym wzdłuż krawędzi taśmy magnetowidowej VHS.

Aby móc obserwować wpływ zanieczyszczeń na zarejestrowany obraz, na obydwu badanych taśmach magnetowidowych nagrano obraz kontrolny w postaci ośmiu pionowych pasów o różnych barwach. Następnie na powierzchnię warstwy magnetycznej naniesiono odciski palców dwóch mężczyzn i po kilku minutach rozpoczęto cykl odtwarzania i przewijania taśmy z powrotem do początku nagrania z funkcją podglądu. Cykl ten powtórzono pięciokrotnie. Równocześnie wykonywano cyfrową kopię odtwarzanego obrazu, co pozwoliło na udokumentowanie obserwowanych zakłóceń. Stwierdzono, że substancja potowo-tłuszczowa powoduje powstawa-

nie poziomych zakłóceń przemieszczających się od góry do dołu obrazu, co było zgodne z oczekiwaniami wynikającymi ze struktury zapisu danych na taśmie magnetowidowej [4]. Zaobserwowano również, iż największe zakłócenia występowały przy pierwszym odtworzeniu. W kolejnych cyklach następowała poprawa jakości obrazu związana z roznoszeniem zanieczyszczeń przez głowice.

Po powtórzeniu eksperymentu ze śladami ujawnionymi za pomocą magnetycznych proszków daktyloskopijnych już przy pierwszym odtworzeniu stwierdzono bardzo silne zakłócenia obrazu kontrolnego z zanikiem synchronizacji włącznie. W następnych cyklach odtwarzania i przewijania głowice magnetowidu ścierały nadmiar proszku z taśmy, co spowodowało najpierw oczyszczenie tła śladu, a potem zanik samego śladu już po trzech cyklach (rycina 6). Następnie za pomocą n-heksanu zmyto zanieczyszczenia z powierzchni taśmy i po jej wysuszeniu oraz odtworzeniu stwierdzono, że zarejestrowany sygnał poprawił się znacząco, a zakłócenia były porównywalne z tymi, jakie występowały przy piątym odtworzeniu nagrania z naniesionymi świeżymi odciskami palców. Ustalono również, że nanoszenie proszku magnetycznego w niewielkich ilościach za pomocą pędzla magnetycznego nie powodowało zniszczenia zapisanego na taśmie sygnału [5]. Zmycie proszku n-heksanem pozwalało na niemal całkowite przywrócenie pierwotnej jakości nagrania.

Uszkodzenie zapisu magnetycznego zaobserwowano dopiero po eksperymentalnym użyciu magnesu o wiele silniejszego niż ten, który stanowi część pędzla magnetycznego i jego przesuwie bezpośrednio po powierzchni magnetycznej strony taśmy.

Odstąpiono od testowania wpływu ujawniania śladów metodą cyjanoakrylową na jakość sygnału audiowizualnego, jako że w wyniku stosowania tej metody na powierzchni nośnika odkłada się warstwa cyjanoakrylanu o grubości porównywalnej z grubością samej taśmy, odporna na ścieranie, która może uszkodzić głowice magnetowidu, w szczególności zamocowane na wirującym bębnie głowice wizyjne. Należy jednak stwierdzić, że w takim przypadku, ze względu na znaczne odsunięcie warstwy magnetycznej taśmy od głowicy wynikające z dodatkowej warstwy cyjanoakrylanu, nastąpiłyby bardzo duże tzw. straty kontaktowe prowadzące do całkowitego zaniku sygnału.

## 5. Podsumowanie badań

Rezultaty przeprowadzonych badań można podsumować następująco:

- Czytelność śladów daktyloskopijnych pozostawionych na taśmie magnetycznej zależy przede wszystkim od nasycenia śladu substancjami tłuszczowymi;

- trwałość śladów daktyloskopijnych pozostawionych na taśmie magnetycznej jest wysoka. Ślady mogą przetrwać bez większych zmian przez wiele tygodni;
  - do ujawniania zarówno świeżych, jak i starych śladów daktyloskopijnych, należy stosować metody optyczne. Z uwagi na silny połysk taśm, najlepiej prowadzić obserwację śladów przy oświetleniu bocznym;
  - metoda cyjanoakrylowa nie jest na tyle efektywna, by warto ją stosować, a potraktowane cyjanoakrylanem taśmy mogą uszkodzić głowicę urządzenia odtwarzającego;
  - metody proszkowe przynoszą dobre efekty w przypadku świeżych śladów, natomiast nie są zalecane w przypadku śladów starych;
  - ślady daktyloskopijne pozostawione na stronie magnetycznej taśmy są rozmazywane i wycierane przez głowicę urządzenia odtwarzającego poprzez tarcie o powierzchnię nośnika;
  - dla większości śladów pogorszenie ich jakości zauważalne jest już po pierwszym odtworzeniu nagrania, jednak w sporadycznych przypadkach ślady daktyloskopijne są w stanie przetrwać nawet piętnaście odtworzeń;
  - wszelkie zanieczyszczenia powierzchni taśmy powodują lokalne zakłócenia sygnału audiowizyjnego. Dotyczy to substancji potowo-tłuszczowej, jak też proszków daktyloskopijnych;
  - proszki daktyloskopijne można zmyć n-heksanem bez szkody dla nagrania;
  - wielokrotne odtwarzanie nagrania uszkadza powierzchnię nośnika (powstają zarysowania), jednak na jakość sygnału o wiele większy wpływ mają zanieczyszczenia i załamania taśmy. Zalecane jest zatem usunięcie zanieczyszczeń przed dokonaniem analizy nagrania i ostrożne obchodzenie się z taśmą, aby jej nie pozałamywać.
- je proszkami daktyloskopijnymi. Ujawnione i sfotografowane ślady zdjęć na folię daktyloskopijną;
  - zamknąć kasetę;
  - wykonać kopię nagrania do celów jego analizy;
  - jeżeli zanieczyszczenia substancją potowo-tłuszczową lub proszkami daktyloskopijnymi przeszkadzają w uzyskaniu istotnych dla analizy nagrania danych, należy je usunąć z powierzchni nośnika w całości.

## 6. Wnioski

Wyniki eksperymentów wskazują, że w przypadku konieczności wykonania na danym nośniku badań daktyloskopijnych i analizy zarejestrowanego na nim nagrania należy najpierw przeprowadzić badania daktyloskopijne, a następnie odtworzyć nagranie. Proponowana jest następująca procedura:

- otworzyć kasetę i przejrzeć taśmę, przewijając ją ręcznie przy zwolnionej blokadzie. Znalezione ślady daktyloskopijne udokumentować (sfotografować) przy górnym lub skośnym oświetleniu (silne, białe światło);
- jeśli nośnik nie jest silnie porysowany, a ślady nie wykazują oznak starzenia, można próbować ujawniać