

Strona czasopisma: <http://analit.agh.edu.pl/>

Między ciemnią a fabryką, czyli o znaczeniu technologii chemicznej w fotografii analogowej

Between the Darkroom and the Factory: On the Importance of Chemical Technology in Analog Photography

Jakub Działak

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

ABSTRAKT: Fotografia analogowa stanowi jedno z najbardziej interesujących zastosowań procesów chemicznych i materiałowych w praktyce przemysłowej. Pomimo dominacji technologii cyfrowych obserwowany obecnie wzrost zainteresowania fotografią tradycyjną podkreśla znaczenie wiedzy dotyczącej budowy oraz produkcji materiałów światłoczułych. W artykule przedstawiono chemiczne podstawy działania klisz fotograficznych, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości halogenków srebra oraz procesów prowadzących do powstania obrazu utajonego i jego wywołania. Omówiono także budowę współczesnych emulsji fotograficznych, technologie wytwarzania podłoży filmowych oraz przemysłowe metody nanoszenia wielowarstwowych emulsji światłoczułych. Przedstawiono kolejne etapy produkcji klisz fotograficznych – od syntezy emulsji i przygotowania bazy poliestrowej po procesy powlekania, suszenia, cięcia i pakowania gotowego materiału. Scharakteryzowano również chemiczne podstawy wywoływania filmów fotograficznych oraz współczesne metody ich obróbki laboratoryjnej. W końcowej części omówiono aktualną sytuację rynku fotografii analogowej oraz kierunki rozwoju technologii fotograficznych związane z poprawą efektywności procesów i ograniczaniem ich wpływu na środowisko. Artykuł ukazuje fotografię analogową jako przykład zaawansowanej technologii chemicznej, łączącej zagadnienia fotochemii, chemii koloidów oraz inżynierii materiałowej.

ABSTRACT: Analog photography represents one of the most compelling industrial applications of chemical and materials engineering processes. Despite the widespread dominance of digital imaging technologies, the recent resurgence of interest in traditional photography highlights the continued relevance of knowledge concerning the structure and manufacture of photosensitive materials. This article discusses the chemical principles underlying photographic film operation, with particular emphasis on the properties of silver halides and the processes responsible for latent image formation and development. The structure of modern photographic emulsions, film-base manufacturing technologies, and industrial multilayer coating methods are also reviewed. Subsequent stages of photographic film production are presented, including emulsion synthesis, polyester base fabrication, coating, drying, slitting, and packaging processes. Furthermore, the chemical mechanisms involved in film development and contemporary laboratory processing techniques are described. The final section examines the current state of the analog photography market and emerging technological trends focused on improving process efficiency and reducing environmental impact. The article presents analog photography as an example of advanced chemical technology integrating photochemistry, colloid chemistry, and materials engineering.

Słowa kluczowe: fotografia analogowa, kłisza fotograficzna, emulsja fotograficzna, halogenki srebra

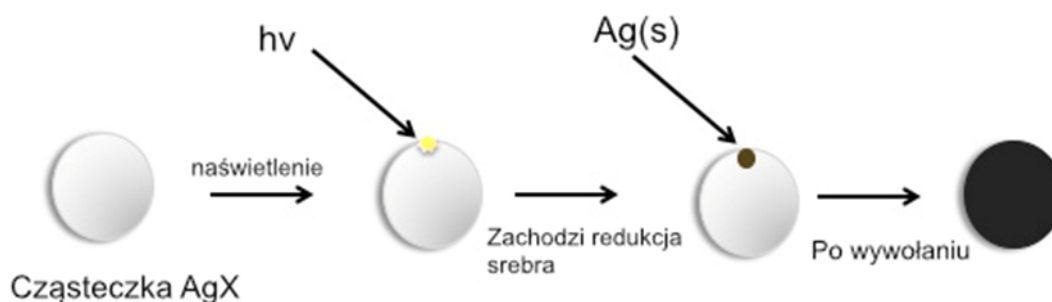
1. Wstęp

Fotografia analogowa przez ponad sto lat pozostawała podstawową metodą rejestracji obrazu, stanowiąc jednocześnie przykład szerokiego wykorzystania procesów chemicznych w technologii materiałowej. Pomimo dominacji technik cyfrowych klisze fotograficzne nadal są stosowane zarówno przez profesjonalistów z branży artystycznej jak i hobbystów, a zainteresowanie fotografią analogową ponownie wzrasta. Produkcja współczesnych materiałów światłoczułych wymaga połączenia zaawansowanej chemii koloidów, procesów fotochemicznych oraz precyzyjnej inżynierii

przemysłowej. Poniżej kompleksowo przedstawiono chemiczne podstawy działania klisz fotograficznych, proces produkcji tychże oraz omówiono etapy przenoszenia obrazów zapisanych w ziarenkach srebra na format znany nam z odbitek umieszczanych w ramkach.

2. Chemia stojąca za zdjęciem

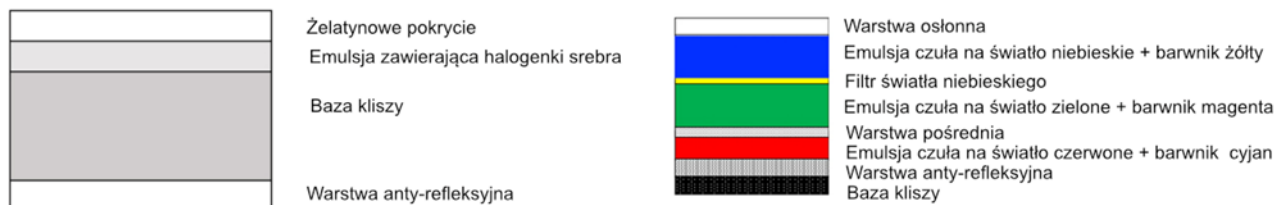
W momencie naciśnięcia spustu migawki, ta otwiera się i wystawia odsłoniętą kliszę na działanie strumienia fotonów. W jaki sposób fale elektromagnetyczne przelatujące przez korpus aparatu są jakby zatrzymywane, i uwieczniane w kawałku plastiku i żelatyny? Głównym sprawcą tego zjawiska, są niepozorne mikrokryształy będące związkami srebra z jednym z poniższych pierwiastków: bromu, chloru lub jodu. Związki te wykazują silne właściwości światłoczułe. Cecha ta opiera się na procesie, którego składowymi są reakcje fizykochemiczne. Halogenki srebra, bo tak nazywa się takie związki, umieszcza się w układzie koloidalnym, w którym ośrodkiem rozpraszającym jest żelatyna. Tak utworzony zol nazywa się emulsją fotograficzną. W momencie ekspozycji fotony padające na emulsje powodują wybite elektronów walencyjnych w obrębie kryształów halogenków srebra [1]. Elektrony te ulegają następnie wychwyceniu w defektach sieci krystalicznej, gdzie inicjują redukcję jonów srebra Ag^+ do metalicznego srebra Ag^0 [2]. Powstające skupiska atomów srebra są początkowo zbyt małe, aby mogły zostać zaobserwowane gołym okiem. W taki sposób powstaje tzw. obraz utajony. Aby naświetlone miejsca stały się widoczne niezbędny jest kolejny proces chemiczny określany mianem wywoływania. Kolejne etapy powyższego procesu przedstawiono na **Rysunku 1**.



Rysunek 1. Schematyczne przedstawienie procesu zachodzącego po naświetleniu halogenków srebra [1].

Wywoływanie kliszy jest procesem chemicznym opartym na reakcjach redoks. W obecności wywoływacza naświetlone kryształy halogenków srebra ulegają redukcji do metalicznego srebra, tworzącego widoczny obraz negatywowo. Następnie proces wywoływania zostaje zatrzymany poprzez zastosowanie kwaśnej kąpieli przerywającej, której zadaniem jest dezaktywacja alkalicznego wywoływacza poprzez zmianę pH środowiska. Kolejnym etapem jest utrwalanie, polegające na usunięciu nienaświetlonych halogenków srebra. Proces ten realizowany jest przy użyciu utrwalacza zawierającego związki kompleksujące jony srebra, najczęściej tiosiarczan sodu lub amonu. Dzięki temu materiał fotograficzny staje się niewrażliwy na dalsze działanie światła [2].

Istotną cechą współczesnych materiałów fotograficznych jest wielowarstwowa budowa emulsji. W przypadku klisz kolorowych poszczególne warstwy wykazują różną czułość spektralną, odpowiadającą zakresom światła czerwonego, zielonego i niebieskiego. Struktura emulsji, jak i procesy ich produkcji i powlekania na klisze fotograficzne są przez to znacznie bardziej skomplikowane. Schematycznie różnice w budowie emulsji kolorowej oraz czarno-białej przedstawiono na **Rysunku 2**.



Rysunek 2. Schemat budowy kliszy fotograficznej czarnobiałej (lewa) i kolorowej (prawa) [1].

Uzyskanie odpowiednich parametrów obrazu wymaga precyzyjnej kontroli wielkości i morfologii kryształów halogenków srebra, a także zastosowania licznych dodatków chemicznych, takich jak stabilizatory emulsji czy surfaktanty wpływające na właściwości warstw światłoczułych. Każda zamierzona zmiana właściwości emulsji wymaga skomplikowanych modyfikacji w procesie produkcji.

3. Produkcja klisz fotograficznych

3.1. Nitroceluloza, octan celulozy czy poliester?

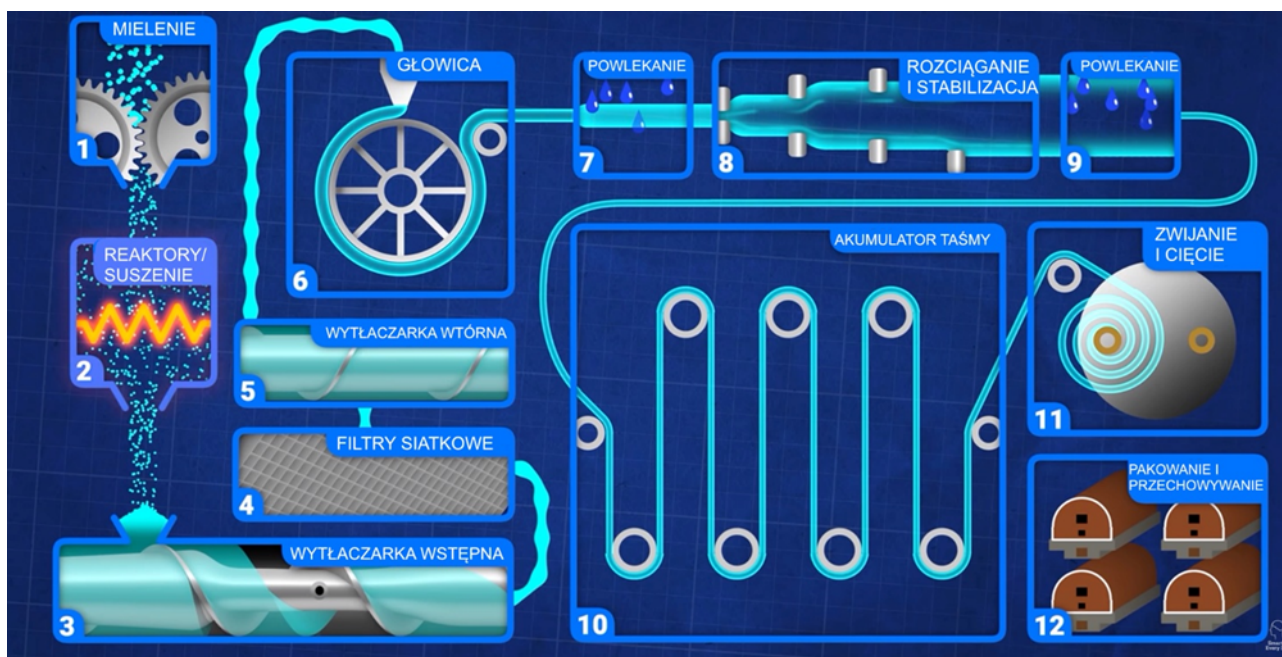
Najważniejszym elementem kliszy fotograficznej jest emulsja nałożona na podłoże. W podłożu nie zachodzą żadne reakcje chemiczne, chociaż jego cechy wpływają na właściwości fizyczne kliszy – jej elastyczność, wytrzymałość czy łatwopalność. Klisza fotograficzna ma grubość ok. 200 mikrometrów, z czego emulsja zajmuje jedynie 30 μm . To mniej, niż połowa grubości ludzkiego włosa.

Pierwsze materiały fotograficzne wykorzystywały podłoża wykonane z nitrocelulozy, określane również mianem taśmy nitrocelulozowej. Materiał ten charakteryzował się dobrą elastycznością i przezroczystością, jednak jego podstawową wadą była wysoka łatwopalność wynikająca z obecności grup azotanowych w strukturze polimeru. W historii fotografii i kinematografii odnotowano liczne pożary archiwów oraz kin spowodowane samozapłonem tego typu taśm, co doprowadziło do konieczności opracowania bezpieczniejszych materiałów [4].

W pierwszej połowie XX wieku nitrocelulozę zaczęto zastępować bazami opartymi na pochodnych celulozy, głównie trioctanu celulozy. Materiał ten cechował się znacznie mniejszą palnością oraz większą stabilnością chemiczną. Pomimo licznych zalet podłoża octanowe posiadały jednak ograniczoną odporność mechaniczną i były podatne na degradację hydrolityczną prowadzącą do zjawiska związanego z wydzielaniem kwasu octowego podczas starzenia materiału. Współcześnie klisze fotograficzne najczęściej produkuje się z wykorzystaniem bazy poliestrowej typu ESTAR, opracowanej przez firmę Kodak [3]. Materiał ten bazuje na politereftalanie etylenu (PET), który wyróżnia się wysoką wytrzymałością mechaniczną, odpornością chemiczną oraz dużą stabilnością wymiarową. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie bardzo cienkich, a jednocześnie wytrzymałych podłoży umożliwiających precyzyjne nanoszenie wielowarstwowych emulsji światłoczułych. Podłoże to nie jest jednak bez wad; jego duża wytrzymałość bywa czasem problematyczna. W wypadku zakleszczenia się kliszy w korpusie aparatu, baza poliestrowa potrafi okazać się silniejsza, niż elementy urządzenia, w efekcie czego dochodzić może do uszkodzeń mechanicznych aparatu. Takie sytuacje mają miejsce najczęściej, gdy klisza fotograficzna jest przeciągana w szybkim tempie, chociażby w produkcjach filmowych. Z tego powodu produkcja klisz, których podłoże bazuje na pochodnych celulozy nigdy nie zanikła, i ten typ podłoża jest jedynym, choć mającym mniejsze znaczenie, konkurentem podłoża poliestrowego [5].

Proces produkcji bazy rozpoczyna się od przygotowania granulatu PET, który poddawany jest suszeniu w celu usunięcia wilgoci mogącej prowadzić do degradacji polimeru podczas dalszej obróbki termicznej. Następnie materiał ulega stopieniu i zostaje poddany procesowi ekstruzji, gdzie

formowana jest cienka taśma polimerowa. Kolejnym etapem jest orientacja mechaniczna materiału poprzez rozciąganie w kierunku podłużnym i poprzecznym, co prowadzi do uporządkowania łańcuchów polimerowych i poprawy właściwości mechanicznych podłoża. Na początku i końcu tego etapu, na podłoże nakładane są warstwy nadające mu specyficzne właściwości takie jak wyższe lub niższe przewodnictwo elektryczne czy odporność na wysokie bądź niskie temperatury. Gotowa baza poddawana jest następnie chłodzeniu, stabilizacji oraz ciągłej kontroli grubości realizowanej z wykorzystaniem automatycznych systemów pomiarowych. Uzyskana w ten sposób transparentna taśma stanowi podstawę do dalszego procesu nanoszenia emulsji światłoczułej [6]. Schematyczny proces produkcji bazy typu ESTAR przedstawiono na **Rysunku 3**.



Rysunek 3. Schematyczny proces produkcji podstawy kliszy fotograficznej typu ESTAR [6].

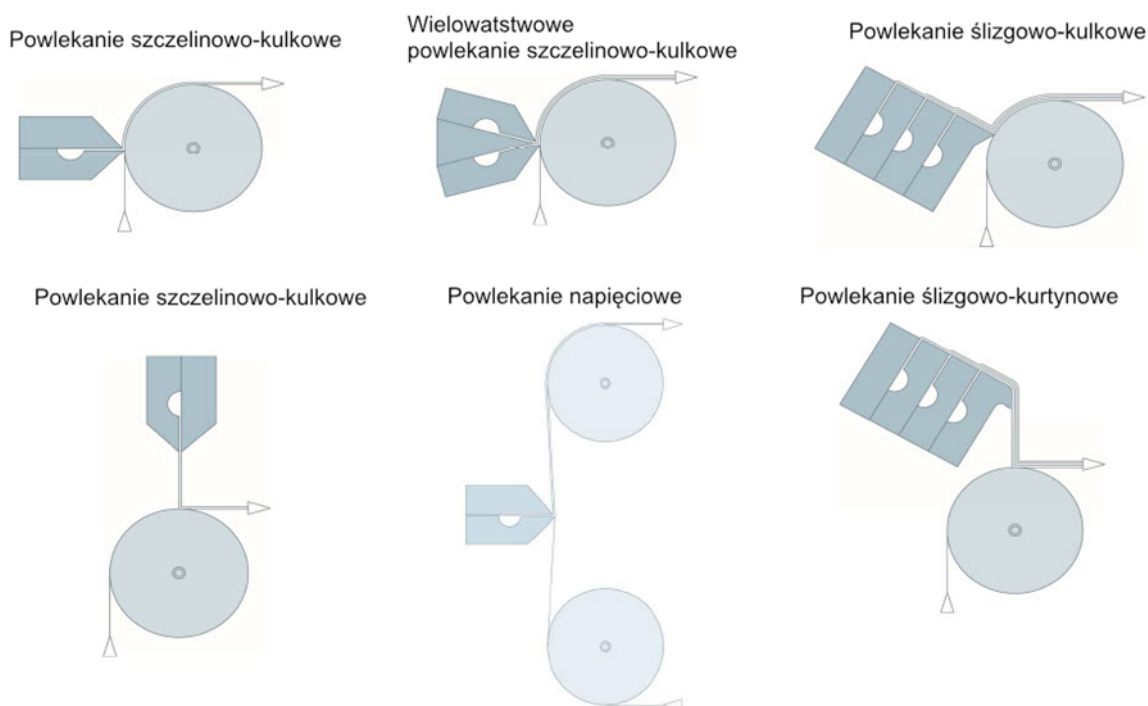
3.2. Emulsja fotograficzna i jej powlekanie

Gdy podłoże jest już gotowe, można przystąpić do produkcji serca kliszy fotograficznej - emulsji. Jest ona układem koloidalnym złożonym z mikrokryształów halogenków srebra zdyspergowanych w matrycy żelatynowej. W zależności od przeznaczenia materiału fotograficznego stosowane są różne proporcje bromku, chlorku oraz jodku srebra, co pozwala uzyskać odmienne właściwości rejestracyjne emulsji [2]. Szczególne znaczenie ma kontrola wielkości, kształtu oraz rozkładu kryształów, ponieważ parametry te bezpośrednio wpływają na czułość filmu, poziom ziarnistości oraz kontrast obrazu – a więc parametry kluczowe dla amatora fotografii analogowej.

Produkcja emulsji rozpoczyna się od kontrolowanej reakcji soli srebra z odpowiednimi halogenkami w środowisku wodnym. Proces ten prowadzony jest w ściśle określonych warunkach temperatury, stężenia reagentów oraz szybkości mieszania, co umożliwia precyzyjne sterowanie procesem nukleacji i wzrostu kryształów. Uzyskane kryształy poddawane są następnie procesowi dojrzewania emulsji, podczas którego stabilizowana jest ich struktura oraz kształtowane są końcowe właściwości materiału światłoczułego. W celu poprawy parametrów użytkowych do emulsji dodawane są również liczne substancje pomocnicze, między innymi środki zwiększające czułość na światło, surfaktanty stabilizujące układ koloidalny, inhibitory dojrzewania oraz dodatki wpływające na charakter wzrostu kryształów. Istotnym etapem produkcji jest również oczyszczanie emulsji z produktów ubocznych reakcji, głównie nadmiaru soli powstających podczas syntezy halogenków srebra. Proces ten realizowany jest przy użyciu metod filtracyjnych lub dializy i pozwala uzyskać

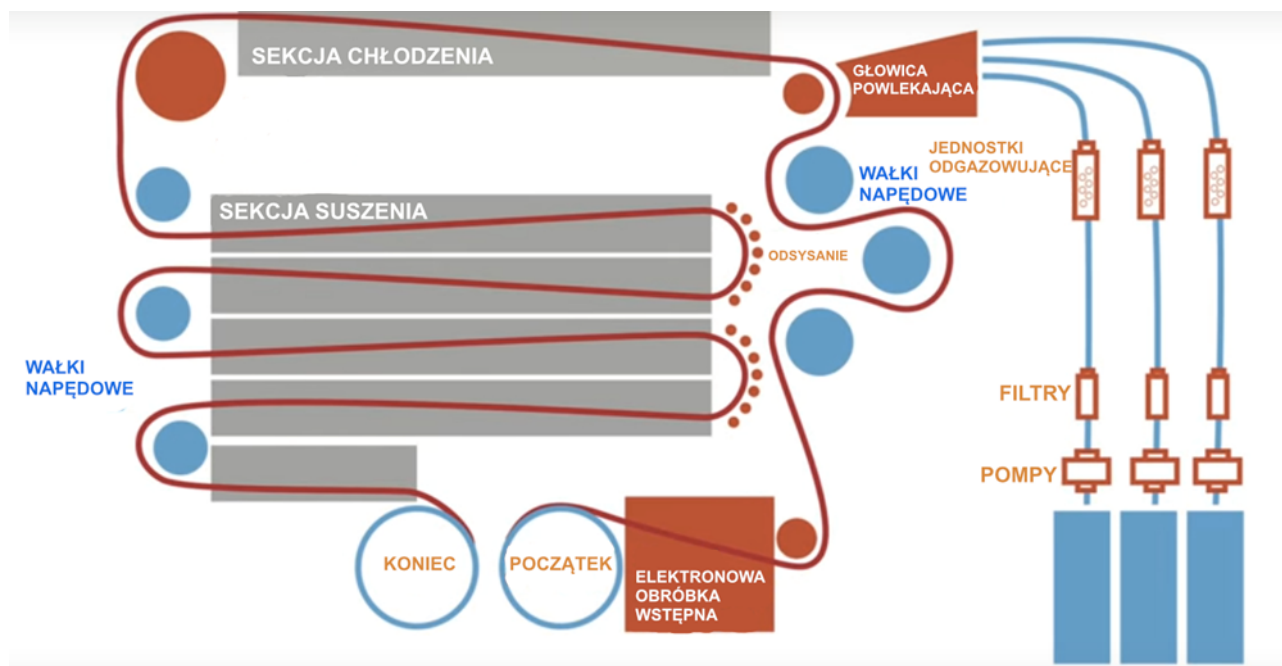
materiał o odpowiedniej czystości chemicznej oraz stabilności. Współczesne klisze fotograficzne posiadają budowę wielowarstwową. Poszczególne warstwy emulsji wykazują odmienną czułość spektralną i odpowiadają za rejestrację różnych zakresów światła widzialnego. Oprócz warstw światłoczułych stosowane są również warstwy ochronne, antyrefleksyjne oraz poprawiające adhezję emulsji do podłoża.

Proces nanoszenia emulsji należy do najbardziej wymagających etapów produkcji kliszy fotograficznej. Powlekanie realizowane jest w warunkach wysokiej czystości, przy ścisłej kontroli temperatury, wilgotności przepływu powietrza oraz prędkości przepływu emulsji, ta bowiem jest наносzona na podłoże w postaci ciekłej. Powlekanie polega na wylewaniu roztworów emulsyjnych na poruszającą się taśmę poliestrową z wykorzystaniem precyzyjnych układów dozujących umożliwiających jednoczesne nakładanie wielu warstw. Aby nakładanie warstwy emulsji było w ogóle możliwe konieczne jest wykorzystanie zjawiska przepływu laminarnego. Zjawisko to zachodzi tylko przy ściśle określonej prędkości przepływu, podczas którego cząsteczki cieczy przemieszczają się w uporządkowanych warstwach, nie mieszając się nawzajem [6]. Metod powlekania emulsji z zastosowaniem ruchu laminarnego jest wiele; te najczęściej stosowane przedstawia **Rysunku 4**. Chociaż dane metody różnią się między sobą, główny mechanizm działania jest taki sam. Z maszyny nanoszącej – nazywanej „hopperem” – wypływają kolejno wszystkie warstwy emulsji, nie mieszając się ze sobą dzięki zachowaniu przepływu laminarnego, po czym spływają na poruszającą się ze stałą prędkością bazę kliszy.



Rysunek 4. Schematyczne przedstawienie najczęściej stosowanych metod powlekania warstwy emulsji na podłoże kliszy fotograficznej [7].

Następnie materiał przechodzi przez etapy chłodzenia i suszenia, w wyniku których dochodzi do stabilizacji żelatynowej matrycy oraz odparowania nadmiaru rozpuszczalnika. Ze względu na mikrometryczną grubość warstw nawet niewielkie zanieczyszczenia lub zaburzenia przepływu mogłyby prowadzić do powstawania defektów widocznych na gotowym materiale fotograficznym [6]. Schemat całego procesu nakładania przedstawia **Rysunku 5**.



Rysunek 5. Schematyczne przedstawienie procesu nakładania warstw emulsji na podłoże [8].

3.3. Końcowe etapy produkcji klisz fotograficznych

Po zakończeniu procesu nanoszenia emulsji i suszenia materiał fotograficzny poddawany jest dalszej obróbce mechanicznej obejmującej cięcie, perforację oraz pakowanie gotowego produktu. Wielometrowe rolki kliszy opuszczające linię produkcyjną są rozcinane na taśmy o odpowiedniej szerokości, zależnej od docelowego formatu materiału fotograficznego. W przypadku filmów małobrazkowych wykonywana jest dodatkowo perforacja umożliwiającą precyzyjny transport kliszy wewnątrz aparatu fotograficznego.

Następnie materiał nawijany jest na szpule lub umieszczany w metalowych kasetach chroniących emulsję przed działaniem światła i uszkodzeniami mechanicznymi. Ze względu na wysoką światłoczułość większość operacji prowadzona jest w warunkach ograniczonego oświetlenia, przy użyciu światła bezpiecznego – to znaczy o niskiej energii, najczęściej czerwonego – lub nawet w całkowitej ciemności. W dużych fabrykach, do wykonywania operacji przy braku oświetlenia używa się programowalnych maszyn.

Gotowe produkty poddawane są końcowej kontroli jakości obejmującej między innymi ocenę jednorodności warstw, poprawności perforacji oraz szczelności opakowań zabezpieczających materiał przed wilgocią i promieniowaniem świetlnym [6].

4. Wywoływanie kliszy fotograficznej

Wyprodukowana i zapakowana klisza fotograficzna trafia w ręce odbiorcy, który umieszcza ją w swoim aparacie. W zależności od typu kliszy i formatu w jakim działa aparat, będzie mógł dokonać ograniczonej ilości fotografii – od 8 do nawet 76. W końcu jednak, rolka kliszy się skończy. Co dalej? Jeśli nie dysponuje się ciemnią, a współcześnie te są raczej rzadko spotykane, zazwyczaj zleca się wywołanie zdjęć w komercyjnym laboratorium fotograficznym. Takie laboratoria wykorzystują najczęściej zautomatyzowane procesory umożliwiające prowadzenie procesu wywoływania kliszy w sposób powtarzalny i kontrolowany. Kolejnymi etapami całego procesu są: kąpiele wywołujące, przerywające, utrwalające oraz płukanie. W trakcie wywoływania emulsja wchodzi w kontakt ze związkami pełniącymi rolę donorów elektronów dla jonów srebra. Związki te składają się z czynnika

wywołującego – na przykład metolu – biorącego udział w reakcji redoks, czynnika zasadowego tworzącego środowisko o odpowiednim pH oraz siarczynu sodu, chroniącego roztwór przed utlenieniem się. Klisze umieszcza się następnie w roztworze kwasowym. Zmiana pH środowiska powoduje zatrzymanie działania wywoływacza. Jony zredukowane do metalicznego srebra czarnieją, tym mocniej im więcej światła padło na dane ziarno podczas ekspozycji kliszy. Kąpiel w utrwalaczu, zawierającym sole tiosiarczków, ma na celu pozbycie się pozostałych halogenków srebra. Końcowe płukanie pozwala usunąć pozostałości reagentów chemicznych, które mogłyby powodować degradację obrazu podczas przechowywania materiału [1,2]. W przypadku fotografii kolorowej proces wywoływania jest bardziej złożony i obejmuje dodatkowo reakcje prowadzące do powstawania barwników w poszczególnych warstwach emulsji.

Ze względu na dużą wrażliwość procesu na temperaturę i czas trwania poszczególnych etapów nowoczesne laboratoria stosują precyzyjnie kontrolowane układy automatyczne. Poszczególne etapy wykonywane przy wywoływaniu, podobnie jak pakowanie finalnego produktu w fabryce, odbywają się w warunkach ograniczonej widoczności z racji na światłoczuły charakter kliszy w początkowych fazach procesu. Z racji na mniejszą skalę, pracownicy laboratoriów posługują się mniej skomplikowaną automatyzacją, urządzeniami wzmacniającymi widoczność – jak noktowizory, bądź, w przypadku najmniejszych laboratoriów, po prostu zapamiętując rozkład pomieszczenia. Po wywołaniu kliszy uzyskuje się negatyw zawierający tony odwrócone – i kolory uzupełniające w przypadku filmu barwnego. Aby uzyskać odbitkę, przez negatyw przepuszcza się światło, które potem pada na papier fotograficzny, posiadający podobną do kliszy emulsję światłoczułą.

Negatyw zazwyczaj poddawany jest cyfrowej archiwizacji poprzez skanowanie. Proces ten realizowany jest przy użyciu skanerów wykorzystujących wysokorozdzielcze matryce CCD lub CMOS oraz układy optyczne umożliwiające równomierne podświetlenie negatywu. Uzyskany obraz cyfrowy może zostać następnie poddany dalszej obróbce komputerowej obejmującej korekcję kolorystyczną, usuwanie zanieczyszczeń oraz archiwizację danych.

5. Przyszłość fotografii analogowej

Wbrew przewidywaniom związanym z dominacją fotografii cyfrowej, rynek fotografii analogowej w ostatnich latach notuje wyraźne ożywienie. Rosnący popyt na materiały światłoczułe skłonił producentów do utrzymywania i rozwijania oferty filmów fotograficznych, a w 2024 roku firma Ricoh Imaging zaprezentowała model Pentax 17 – pierwszy od wielu lat nowo zaprojektowany aparat analogowy dużego producenta, którego przedsprzedaż przekroczyła oczekiwania firmy. W mediach społecznościowych zaobserwować można również wyraźny trend polegający na wracaniu do starszych technologii, w tym fotografii analogowej. W dobie postępującej cyfryzacji, klisze fotograficzne oferują powrót do korzeni tej sztuki. Prawidłowo przechowywany negatyw, poza funkcją archiwizacyjną stanowi fizyczną pamiętkę każdej fotografii. Samo jego wywołanie – w obecnych czasach znacznie ułatwione dla kogoś chcącego je prowadzić w domowych warunkach – stanowi wyzwanie, którego dokonanie zapewnia użytkownikom satysfakcję. Zdjęcia wykonane analogowo charakteryzują się też unikalną kolorystyką poszczególnych emulsji, naturalnym charakterem ziarna i wysoką rozdzielczością tonalną – cechy te są niemożliwe, bądź przynajmniej problematyczne, do odtworzenia technikami cyfrowymi.

Fotografia analogowa jest również obiektem zainteresowania dla badaczy. Współczesne badania związane z materiałami fotograficznymi koncentrują się przede wszystkim na ograniczaniu wpływu procesów produkcyjnych i obróbki chemicznej na środowisko. Szczególną uwagę poświęca się zmniejszeniu zużycia srebra, ograniczeniu ilości odpadów chemicznych powstających podczas wywoływania oraz odzyskowi cennych metali z zużytych kąpieleli fotograficznych. Rozwijane są również technologie produkcji materiałów światłoczułych spełniających coraz bardziej rygorystyczne wymagania środowiskowe, czego przykładem było ponowne wprowadzenie przez Kodak materiałów Ektachrome opracowanych zgodnie ze współczesnymi regulacjami ekologicznymi. Choć podstawy

fotografii srebrowej pozostają niezmiennie, widoczny jest trend ukierunkowany na zwiększanie efektywności procesów i ograniczanie ich oddziaływania na środowisko [9].

Podsumowanie

Produkcja klisz fotograficznych stanowi złożony proces technologiczny łączący zagadnienia z zakresu chemii nieorganicznej, chemii koloidów, fotochemii oraz inżynierii materiałowej. Współczesne materiały fotograficzne wymagają precyzyjnej kontroli zarówno na etapie syntezy emulsji światłoczułych, jak i podczas nanoszenia wielowarstwowych powłok na bazę poliestrową. Pomimo rozwoju fotografii cyfrowej technologia analogowa nadal pozostaje przykładem zaawansowanego wykorzystania procesów chemicznych w praktyce przemysłowej.

Literatura

- [1] <https://chemart.rice.edu/Photography.html>
D. Rogers, *The Chemistry of Photography, from classical to digital technologies*, wyd. RSC Publishing, Cambridge (2007) ISBN-10: 0-85404-273-3.
- [2] Eastman Kodak Company, *Kodak Data Book J-1: Processing Chemicals and Formulas for Black-and-White Photography*, Rochester, NY, USA, (1977).
- [3] National Film Preservation Foundation. The Film Preservation Guide: The Basics for Archives, Libraries, and Museums. 2004, www.filmpreservation.org/preservation-basics/the-film-preservation-guide
- [4] Fischer, Monique. "A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care, and Duplication." Preservation Leaflet 5.1, Northeast Document Conservation Center, 2020, www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/5.-photographs/5.1-a-short-guide-to-film-base-photographic-materials-identification,-care,-and-duplication
- [5] Sandlin, Destin. "How Does Kodak Make Film? Kodak Factory Tour."
- [6] YouTube, 19 Mar. 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=HQKy1KJpSVc>
- [7] TSE Troller AG. "Product Information: World's Most Precise Slide, Slot and Curtain Dies for Premetered Coating." 2021, industry.pulpanpaper-technology.com/suppliers/tse-troller-ag/whitepaper/1612496268-TSE-Product-Info_2021.pdf
- [8] ADOX Fotowerke GmbH. (b.d.). Coating machine: The machine scheme [Schemat techniczny]. ADOX Photo Factories. <https://www.adox.de/factories/>
- [9] Laurent O., *Kodak Wants to Bring Back More Films*, Time, 2017. Dostęp: <https://time.com/4649349/kodak-film-photography/> [dostęp: 08.06.2026].