

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

Chemia na srebrnym ekranie - zastosowanie chemii w kinowych efektach specjalnych

Chemistry on the silver screen – application of chemistry in cinema’s special effects

Patrycja Kocoł, Dominik Müller

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

ABSTRAKT: Chemia od lat stanowiła ważny element w kreowaniu efektów specjalnych i realizowaniu wizji reżyserów na wielkim, ale także i małym, ekranie. Eksperci zajmujący się wdrażaniem elementów chemii w filmach i serialach obecnie sami siebie uważają za „dinozaury”, a ich zawód jako należący do przeszłości. Chemiczne efekty specjalne coraz mocniej wypierane są przez animacje komputerowe, jednak niepomijalne jest uznanie wpływu chemii na rozwój świata kina. Artykuł stanowi przegląd najpopularniejszych technik pozwalających na uzyskanie niesamowicie zróżnicowanych i zapierających dech w piersiach efektów, takich jak: szeroko wykorzystywane efekty pirotechniczne i eksplozje używane w kinie akcji, stający w płomieniach bohaterowie, postacie znikające w wybuchach gęstego dymu czy atmosferyze nastrojowej mgły, zastępowanie prawdziwego, trudnego do wykorzystania i utrzymania na planie filmowym śniegu, śniegiem sztucznym, otrzymywanie sztucznej krwi o różnym kolorze i konsystencji, szklane i jadalne rekwizyty, które nie stanowią niebezpieczeństwa dla aktorów oraz charakteryzacje postaci z horrorów, fantastyki czy świata sci-fi, które przenoszą odbiorców do zupełnie innego świata, nie byłyby możliwe bez chemii. Każdy z tych elementów musi być dopracowany pod względem efektywności, ale także bezpieczeństwa dla aktorów i dublerów, ponieważ chemia użyta bez namysłu może być równie niebezpieczna jak i spektakularna, co znalazło potwierdzenie na kartach historii kinematografii.

ABSTRACT: For years chemistry was an important element in creation of special effects I realizing the director’s vision on the big and small screen. Experts in implementation of chemistry in movies and tv shows currently consider themselves “dinosaurs” and their craft to being a thing of the past. Chemical special effects in the current day consistently get replaced by computer generated special effects, but recognizing the impact chemistry is crucial to understanding the history of cinema. The article is an overview of most popular techniques that allowed to show a variety of breathtaking special effects: from widely used pyrotechnics and explosions used in action movies, through heroes suddenly catching fire, characters disappearing in a puffs of thick smoke or in whisps of atmospheric fog, replacing the hard to use and sustain real snow with fake one, creating fake blood of different colour and consistency, glass and eatable props, that pose no danger to actors and finishing with special effects make up of characters from horror movies, fantasy or sci-fi films that transport the viewer into completely different world, these wouldn’t be possible without chemistry. Every single one of those elements must be properly polished to ensure the best effectiveness, but also to ensure safety of actors and doubles, because chemistry used without proper care can be as dangerous as it’s spectacular, which was proven true on the pages of cinema history.

Słowa kluczowe: kino, efekty specjalne, pirotechnika, szkło cukrowe, sztuczna krew, dym, mgła

1. Wstęp

Specyfika pracy na planie filmowym wymaga od twórców stworzenia iluzji rzeczywistości przedstawianej widzom na ekranie. Efekty specjalne takie jak mgła i dym, sztuczny śnieg, szkło filmowe czy cała gama efektów pirotechnicznych oraz przygotowanie charakteryzacji aktorów, wymaga opracowania technik bezpiecznych dla wszystkich osób biorących pracujących na planie, które jednocześnie są nieszkodliwe dla środowiska. Pomocna dla filmowców okazuje się chemia oraz fizyka, a umiejętne wykorzystanie tych nauk pozwala na realizację wymagających planów. Najczęściej

wykorzystywanymi procesami chemicznymi są reakcje z zakresu chemii nieorganicznej, np. reakcje utleniania i redukcji, kompleksowania, jak również reakcje sieciowania polimerów w chemii organicznej, czy tworzenie układów zol-żel. Właściwości fizyczne takie jak lotność, barwa, charakterystyczne dla danych substancji temperatury przemian fizycznych oraz ciepła właściwe są używane przy dobieraniu substancji do oczekiwanych efektów. Poniżej przedstawiono wykorzystanie tych reakcji i zjawisk fizycznych na planach filmowych i niebezpieczeństwa z jakimi niezapoznanie się z daną substancją może ze sobą wiązać.

2. Symulowanie zjawisk atmosferycznych

2.1. Mgła i dym

Jednym z najbezpieczniejszych sposobów na wyprodukowanie sztucznego dymu było wykorzystanie suchego lodu oraz ciepłej wody, jednak klimatyczne ujęcia wymagają dłużej utrzymującej się, gęstszej mgły.

Do stworzenia gęstej mgły wykorzystywano czterochlorek tytanu, halogenek metalu o wysokiej lotności, który pod wpływem reakcji hydrolizy rozpadał się na kwas solny i tlenochlorek tytanu. Niestety w związku z wysoką toksycznością dymu, nie jest on już powszechnie używany [1]. Hydroliza czterochloru tytanu zachodzi według schematu przedstawionego na reakcji (1):



Obecnie najpopularniejszą metodą tworzenia filmowej mgły jest użycie mieszanki glikolu i wody, która zostaje podgrzana i poddana atomizacji. Glicerol (propano-1,2,3-triol; $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$) i woda w stężeniu procentowym 15% są zwykle używane do stworzenia mgiełki, dym symuluje się stężeniami >15%, a do stworzenia atmosferycznej, gęstej mgły używa się glikolu propylenowego (propano-1,2-diol; $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$) i wody [2]. Jednym z przykładów użycia mgły glikolowej jest film „Mgła” z 1980 roku (**Zdjęcie 1**).



Zdjęcie 1. Kadr z filmu „Mgła” (1980), w reżyserii John’a Carpenter’a, obrazujący użycie glikolu i wody w symulowaniu nastrojowej mgły.

2.2. Sztuczny śnieg

Przy tworzeniu sztucznego śniegu, ważnym czynnikiem jest zarówno zagadnienie zanieczyszczenia środowiska jak i bezpieczeństwa aktorów. W przypadku kręcenia scen w plenerze ważne jest żeby śnieg był nietoksyczny i łatwo rozpuszczalny w wodzie, dlatego zwykle używano

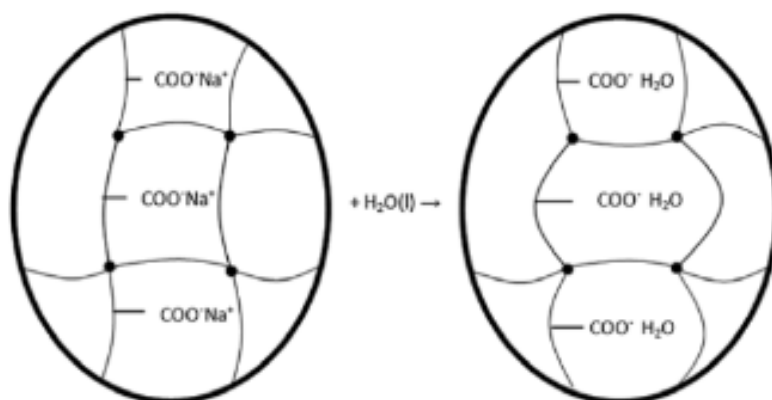
kruszonego lodu, podartego papieru, gipsu (dwuwodny siarczan wapnia; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), jak i soli gorzkiej (siarczan magnezu; MgSO_4) [2].

Kręcenie w studio pozwoliło na wykorzystanie nieco realistyczniejszych alternatyw, w kultowym musicalu Czarnoksiężnik z Oz (1939) do nakręcenia sceny spadającego śniegu wykorzystano azbest (**Zdjęcie 2**). Teraz dobrze wiemy, że jest to substancja wysoce rakotwórcza, ale na początku XX wieku była dosyć popularna w tworzeniu sztucznego śniegu z powodu swojego czystego, białego koloru i ognioodporności [3].



Zdjęcie 2. Scena z filmu Czarnoksiężnik z Oz (1939) w reżyserii Victor'a Fleming'a (lewo) podczas, której użyto śniegu wykonanego z azbestu oraz przykład komercyjnie sprzedawanego śniegu azbestowego (prawo).

Obecnie używa się znacznie bezpieczniejszego poliakrylanu sodu (PAAS), którego wysoka higroskopijność i niska toksyczność jest wykorzystywana w produkcji pieluszek dla niemowląt. Po połączeniu poliakrylanu sodu z wodą, woda zastępuje w łańcuchu sód, jednak dzięki mocnym wiązaniom pomiędzy łańcuchami, polimer pęcznieje (**Rysunek 1**) i strukturą przypomina śnieg, a regulując ilość wody możemy stworzyć zarówno lekki, świeży śnieg, jak i mokry, ciężki śnieg [2].



Rysunek 1. Schemat reakcji zachodzących w łańcuchu poliakrylanu sodu, jakimi jest zamiana jonu sodowego na cząsteczkę wody oraz utrzymanie struktury łańcucha powodując „pęcznienie” materiału.

3. Szkło filmowe

3.1. Szkło cukrowe

Szkło cukrowe lub tzw. szkło teatralne jest materiałem wykorzystywanym w scenach gdzie postaci jakikolwiek sposób obchodzą się z rozbitym szkłem na ekranie. Jest to materiał wykonany poprzez podgrzanie roztworu syropu kukurydzianego, cukru i dwuwinienu potasu ($KC_4H_5O_6$) do temperatury powyżej $100^\circ C$ i pozwalając mu ostygnąć. Syrop kukurydziany i dwuwinienu potasu powstrzymują rekrytalizację cukru [1]. Tak wykonany rekwizyt stanowi bezpieczną alternatywę dla prawdziwego szkła, szczególnie w scenach w których aktorzy mają być uderzeni szklanką bądź butelką (**Zdjęcie 3**).

Jednym z najbardziej znanych użyczeń szkła cukrowego były niebieskie kryształki „metamfetaminy” w serialu „Breaking Bad”, które, według wywiadów z aktorami, miały smak gumy balonowej i były bardzo popularne na planie jako przekąska [4].



Zdjęcie 3. Podczas sceny w filmie Infiltracja (2006), w reżyserii Martin’a Scorsese’a, postać Leonard’a DiCaprio uderza postać graną przez Brian’a Smyj’a szklanką wykonaną ze szkła cukrowego. Dzięki właściwościom szkła cukrowego aktorowi nic się nie stało.

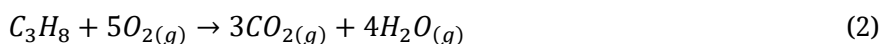
3.2. Szkło z żywic polimerowych

Nowoczesną alternatywę dla szkła cukrowego stanowi dzisiaj mieszanka dwóch żywic termoplastycznych: Piccolastic™ i Piccotex™. Żyvice po wymieszaniu podgrzane są do temperatury $300^\circ C$ i wylany do równomiernie podgrzanej formy. Dużą zaletą termopolimerów jest możliwość ponownego ich użycia, wystarczy zebrać kawałki, podgrzać i ponownie wlać do formy, co pozwala zdecydowanie zmniejszyć koszt rekwizytu [1].

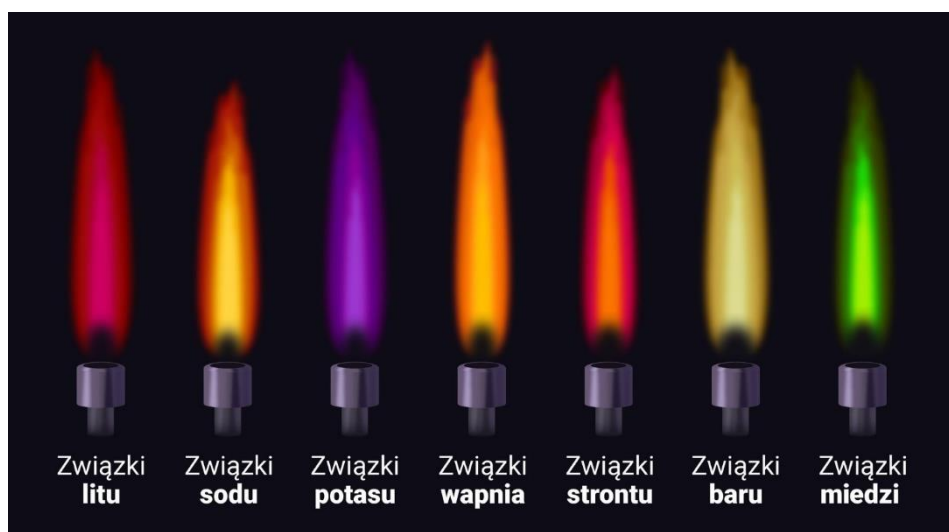
4. Pirotechnika

4.1. Płomienie

Wraz z rozwojem techniki efekty pirotechniczne realizowane na planie filmowym są powoli wypierane przez animacje komputerowe, jednak odtworzenie realnie wyglądających płomieni stanowi wyzwanie dla grafików. Klasycznie wykorzystywane „projektory płomienia” to zainstalowane na planie filmowym pionowe rury, do których doprowadzane jest źródło gazu palnego oraz zapalnik [1]. Proces spalania mieszanki paliwa i utleniacza, którą zazwyczaj jest propan i powietrze przebiega według reakcji (2):



Wzbogacenie efektów wizualnych, m.in. kontrola nad kolorem płomienia czy jego przejrzystością, zostaje osiągnięte poprzez dodanie do mieszaniny podstawowej innych paliw, które wzbogacają efekty o sadzę i kolory. Zmianę barwy płomienia umożliwia dodatek metali alkalicznych z grupy 1. i 2. układu okresowego pierwiastków, których atomy pod wpływem wysokiej temperatury, emitują charakterystyczne dla siebie promieniowanie świetlne o określonej długości fali, pozwalając na zaobserwowanie kolorowego światła. Przedstawione na zdjęciu 4 płomienie pierwiastków metali alkalicznych dają barwy od czerwono-karminowego dla litu, poprzez intensywnie żółty sodu, do zielonego płomienia miedzi [5].



Zdjęcie 4. Barwy płomieni otrzymane w próbie płomieniowej metali z grupy 1. i 2. układu okresowego pierwiastków.

4.2. Proszek błyskowy

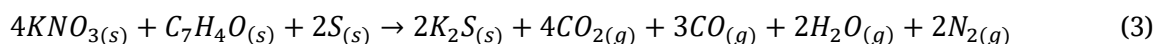
Charakterystycznym efektem podczas utleniania magnezu jest emisja jasnego, białego, rażącego płomienia, który zostaje wykorzystany na planie filmowym do symulowania iskier elektrycznych. Zapalenie proszku magnezowego inicjowane jest zapalką elektryczną lub ręcznie przy użyciu innego źródła ciepła. Przedstawianie błysków fleszy aparatów fotograficznych umożliwia wykorzystanie proszku błyskowego, który stanowi zazwyczaj mieszanina glinu lub magnezu z środkiem utleniającym, takim jak nadchloran potasu, chloran potasu lub azotan baru [5]. Reakcje z silnymi utleniaczami przebiegają gwałtownie z jednoczesną emisją jasnego, rażącego światła (**Zdjęcie 5**).



Zdjęcie 5. Kadr z filmu „John Wick” (2014), w reżyserii Chad’a Stahelski’ego. pokazujący użycie proszku do symulowania wystrzałów z broni automatycznej.

4.2. Petardy

Popularne petardy, to tak naprawdę odpowiedniki małej laski dynamitu. Zbudowane z małej tuby wypełnionej prochem strzelniczym i zapalnikiem (zwykle elektrycznym). Po zapłonie zachodzi w nich nagła reakcja chemiczna (3), która skutkuje uwolnieniem dużej energii termicznej i przemianą związków w produkty gazowe [5]:



Skład prochu strzelniczego to w 75% azotan (V) potasu, 10% siarka oraz 15% węgiel drzewny. Petardy znalazły zastosowanie na scenie filmowej, symulując uderzenia pocisków, w szczególności w beton, auta czy ziemię. Ich użycie na aktorach w połączeniu ze sztuczną krwią jest w tym momencie wypierane przez bezpieczniejsze alternatywy jakimi są sprzężone powietrze [1].

4.3. Żele ognioodporne

Ochronę aktorów oraz kaskaderów w scenach z wykorzystaniem efektów pirotechnicznych umożliwia wykorzystanie żeli ognioodpornych. Są to cząsteczkowe kompozycje powłokowe składające się z poliakrylanu potasu lub sodu w mieszaninie z wodą [1].

Izolacja przed ogniem powstaje poprzez warstwowe zagęszczenie kropeł wody zawartych w powłoce polimerowej, której wysoka pojemność cieplna chroni przed uszkodzeniami. Żele mogą zapewnić ochronę termiczną przed ogniem przez dłuższy czas, nawet w temperaturze 1930°C [5].

Po całkowitym odparowaniu zatrzymanej wody z żelu, odporność ogniowa zostaje utracona, ale można ją przywrócić poprzez ponowne zwilżenie powierzchni, jeśli materiał żelowy nadal przylega. W zależności od warunków pożarowych, zastosowane żele ognioodporne zapewniają ochronę przeciwpożarową przez okres od 6 do 36 godzin [5].

5. Charakteryzacja

5.1. Lateks

Tworzenie sztucznej skóry lub protez części ciała odbywa się w trzech etapach. Pierwszym z nich jest wykonanie dokładnej kopii twarzy lub części ciała aktora. Następnie na podstawie odlewu wykonuje się glinianą formę, w której powielane są odtwarzane części ciała, przy użyciu odpowiednio wybranego materiału. W zależności od potrzeb może to być lateks, żelatyna lub silikon.

Głównym składnikiem pianki lateksowej jest płynny lateks (sztuczny lub naturalny), który jest zdyspergowanym w środowisku wodnym, długołańcuchowym polimerem, tworzącym roztwór koloidalny. Do lateksu dodawany jest środek spieniający i utwardzający. Środek spieniający pomaga tworzyć pianę, a utwardzacz wspomaga sieciowanie polimeru podczas podgrzewania, przekształcając płynny lateks w elastyczne ciało stałe.

Po wymieszaniu wszystkich składników, płynny lateks wlewany jest do miksera i ubijany na pianę, której konsystencja zależna jest od długości cyklu mieszania. Małe pęcherzyki tworzą gęstą i ciężką pianę, a duże - lekką i elastyczną.

Po ubiciu lateksu do piany dodawany jest środek żelujący, który usuwa mydło (spieniacz) przed utwardzeniem piany w piecu. Lateks wstrzykiwany jest do formy, którą odstawia się na 15 minut, aby środek żelujący związał pianę, a następnie formę umieszcza się w piecu [1]. Wyjęty z pieca lateks ma postać gąbki co najlepiej obrazuje **Zdjęcie 6**.



Zdjęcie 6. Proces tworzenia formy do wykonania protezy z pianki lateksowej (lewo) i aplikacja gotowej protezy na twarz modela (prawo).

5.2. Silikon

Silikony to syntetyczne polimery krzemooorganiczne, w których wszystkie atomy krzemu połączone są grupami alkilowymi (najczęściej metyłowymi lub etylowymi) lub aryłowymi (najczęściej fenyłowymi). Przy zestaleniu silikonu wykorzystuje się proces sieciowania chemicznego, który łączy ze sobą cząsteczki polimeru [5,7]. Katalizatory przyspieszają utwardzanie silikonu poprzez budowanie mostków między cząsteczkami silikonu. Przykład charakteryzacji z użyciem silikonu przedstawiono na **Zdjęciu 7**.



Zdjęcie 7. Charakteryzacja wykonana z użyciem silikonu, warto zauważyć realistyczniejszy wygląd gotowej charakteryzacji w porównaniu z pianką lateksową.

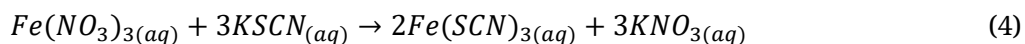
5.3. Sztuczna krew

Krew sceniczna to mieszanina czerwonego barwnika spożywczego z innymi składnikami umożliwiające utworzenie realistycznie wyglądającej płynnej konsystencji. Dodatki takie jak syrop glukozowy, cukier czy różnego rodzaju barwniki mają na celu zbliżenie konsystencji gotowego rekwizytu do prawdziwej krwi (**Zdjęcie 8**) [1].



Zdjęcie 8. W filmie *Lśnienie* (1980), w reżyserii Stanley'a Kubrick'a, wykorzystując makietę windy 1/3 wielkości oryginału przedstawiono zalanie jej krwią. Rzekomo wykorzystano ponad 1100 litrów sztucznej krwi wymieszanej z syropem glukozowym co powodowało problemy z elektrycznym mechanizmem makiety [6].

Dwuskładnikowa mieszanina opiera się na chemii wymiany ligandów. Bezbarwny tiocyjanian potasu nałożony na skórę, reagując z azotanem żelaza (4), naniesionym na krawędź tępego, "bezpiecznego" rekwizytu, takiego jak stępiony nóż, tworzy krwistoczerwoną mieszaninę tiocyjanianu żelaza (III) [5]:



6. Podsumowanie

Powyższe przykłady obrazują w jak szeroki sposób chemia oraz podstawowe procesy fizyczne mają swój wkład w kreowanie świata przedstawionego na srebrnym ekranie. Po stronie twórców oraz osób odpowiedzialnych za efekty specjalne jest stworzenie warunków bezpiecznych i nieszkodliwych dla zdrowia aktorów oraz środowiska naturalnego. Zawarte w artykule klatki pochodzące ze świata kina przedstawiają praktyczne zastosowanie chemii na planie filmowym, która mimo, że stopniowo zastępowana osiągnięciami grafiki komputerowej, nie została całkowicie wyparta z kinematografii i często jest używana w produkcjach nisko budżetowych, bądź w połączeniu z grafiką komputerową dla uzyskania lepszego efektu.

Literatura

- [1] Britt, H. E. (1943) Method of Producing Smoke. US Patent Office 2311635.
- [2] Rickitt, R. Special Effects: The History and Technique Arum Press, 2006.
- [3] <https://www.atlasobscura.com/articles/the-slow-demise-of-asbestos-the-carcinogen-that-gave-the-wizard-of-oz-snow> (odwiedzone: 05.04.2024)
- [4] <https://screenrant.com/breaking-bad-meth-eating-bryan-cranston-aaron-paul/> (odwiedzone 05.04.2024)
- [5] Griep, M. A. and Mikasen, M. L. (2009) ReAction! Chemistry in the Movies. New York: Oxford University Press.
- [6] <https://filmschoolrejects.com/how-much-blood-would-fill-the-elevator-hallway-in-the-overlook-hotel-2d0487819120/> (odwiedzone 05.04.2024)
- [7] Adam Bielański, Podstawy chemii nieorganicznej, t. 2, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 2002, s. 724–727