

Dariusz Markowski, Bożena Szmelter-Fausek

Badania właściwości i skuteczności środków do podklejania odspojonej warstwy malarskiej do szkła

Wprowadzenie

Malarstwo na szkłe jest narażone na działanie wielu czynników niszczących, takich jak uszkodzenia mechaniczne oraz zmienne warunki wilgotności i temperatury. Te ostatnie mają szczególny wpływ na warstwę malarską, która w niekorzystnych warunkach może utracić adhezję do szkła i w konsekwencji ulec dalszemu niszczeniu – odpajaniu się. Z chwilą kiedy warstwa malarska zaczyna odpajać się od podobrazia, pomiędzy nią a szkłem powstają drobne pęcherzyki powietrza. Mechanizm powstawania odspojień dzieli się na trzy etapy. W początkowej fazie powstawania tego zniszczenia warstwa malarska nie wykazuje żadnych pęknięć ani ubytków. Odspojenie ma formę zamkniętą. Jedynie od strony szyby można zauważyć drobne plamki, jaśniejsze lub ciemniejsze od otoczenia, które w ostrym świetle są bardziej matowe, nieprzejrzyste i utrudniają odbiór estetyczny obrazu. Przyczyną takich różnic w wyglądzie pomiędzy miejscami odspojonymi a warstwą niezmienną jest inny współczynnik załamania światła dla pęcherzyków powietrza i dla szkła. Powietrze znajdujące się w pęcherzyku ma współczynnik o wartości równej 1, natomiast szkło ma wartość około 1,5. Na tym etapie zniszczenia, powierzchnia odwrocia warstwy malarskiej wydaje się w dobrym stanie zachowania. Jej odwrotna strona nie odzwierciedla żadnych zmian występujących na licu¹.

1 M. O. Kleitz, *La peinture sous verre – Technologie. Dégradations. Problèmes de restauration de la couche picturale*, „Les Arts du Verre – Histoire, Technique et Conservation, Journées d’Etudes de la SFIIC”, Paris, septembre 1991, s. 117–133.

Pogłębiające się odspojenia warstwy prowadzą do uwidocznienia się ich na jej odwrociu. Jeśli warstwa jest sztywna, odspojenie może pęknąć, lecz się nie rozrywa natychmiastowo, ani nie odpada. Odspojona warstwa jeszcze się trzyma szkła krawędziami, w dalszym ciągu pozostaje zamknięta, pomimo pęknięć.

W ostatnim etapie pęcherz jest wyjątkowo wrażliwy. Odspojenia są tak duże, że w końcu rozrywają się. Zdegradowana warstwa na skutek wibracji odspaja się w postaci łusek, deformuje i odpada. W tym momencie bardzo często dochodzi do powstania ubytków w warstwie malarskiej.

Zniszczenia tego typu są najczęściej wynikiem błędnego warsztatu technologicznego artysty podczas przygotowywania podobrazia i malowania obrazu. Uwzględnić tu należy niedokładne oczyszczenie szyby oraz nieodpowiednie spoiwo użyte do przeklejenia podobrazia. Zdolność szkła do przypowierzchniowej kondensacji wilgoci wzmacnia procesy niszczenia malowideł na szkłe. Woda kondensacyjna może spęcznieć nie tylko warstwę przeklejenia, ale również warstwę malarską. Do widocznych objawów należy łuszczenie się i odpadanie warstwy malarskiej².

Oslabienie adhezji może nastąpić także wskutek starzenia się spoiwa przeklejenia i warstwy malarskiej lub w wyniku rozwoju mikroorganizmów, które dodatkowo osłabiają siły kohezji i powodują pudrowanie oraz osypywanie się warstwy malarskiej³.

Przeprowadzone badania stanu zachowania obiektów na szkłe w polskich muzeach wykazały, iż wiele z nich wymaga pilnej interwencji konserwatorskiej. Problem dotyczy przede wszystkim utraty adhezji warstwy malarskiej do szkła.

Celem badań przedstawionych w artykule było zweryfikowanie skuteczności dotychczas opisanych i uznanych za najlepsze środków do podklejania odspojonej warstwy malarskiej do szkła. Badania służyły także potwierdzeniu lub odrzuceniu słuszności stosowania ich przez

2 N. Caldararo, *Conservation treatments of paintings on ceramic and glass: two case studies*, „Studies in Conservation” 1997, nr 42, s. 157.

3 E. Jablonski, *The Conservation of Reverse Painting on Glass: a General Overview*, „The Picture Restorer”, Spring 2000, s. 6.

konserwatorów. Zbadano właściwości wybranych środków adhezyjnych oraz wykonano próby konsolidacji łusek i odspojień.

Dobór odpowiedniego środka adhezyjnego ma istotne znaczenie dla zatrzymania procesów niszczenia i dla zachowania malarstwa na szkłe. Właściwości, jakimi powinien charakteryzować się środek adhezyjny, są następujące:

- odwracalny,
- obojętny chemicznie,
- stabilny optycznie,
- o współczynniku załamania światła zbliżonym do szkła,
- stabilny mechanicznie – spoiwa nie mogą wywoływać naprężeń w warstwie malarskiej, ani nie mogą mieć skurczu podczas wysychania,
- bezbarwny,
- kompatybilny z warstwą malarską, nie mogą zmieniać jej charakteru – spoiwo musi być odpowiednio dobrane, w zależności od techniki obrazu,
- odporny na starzenie,
- odporny na mikroorganizmy,
- posiadający dobrą adhezję,
- posiadający niską lepkością, która pozwoli na dobrą penetrację w odspojenia warstwy malarskiej i jednocześnie da dobre połączenie klejonych elementów.

Środki adhezyjne zastosowane do badań

Do przeprowadzenia prób konsolidacji warstwy malarskiej do szkła wytypowano następujące żywice akrylowe: Paraloid B-72, Plexisol P-550, Plextol B-500; uwodornione żywice węglowodorowe: Arkon P 70, Regalrez 1094; żywicę mocznikowo-aldehydową Laropal A 81; polialkohol winylu – Mowiol 4/98; hydroksypropylocelulozę: Klucel G; klej glutynowy – klej rybi; woski: naturalny bielony wosk pszczeli, wosk mikrokryształiczny Cosmolloid 80 H oraz Beva 371. Produkty te znajdują zastosowanie jako środki adhezyjne i są najczęściej opisywane w literaturze poruszającej zagadnienie konserwacji malarstwa na szkłe.

Przygotowanie próbek i stężenia roztworów

Do przygotowania próbek użyto następujących materiałów: szkiełka mikroskopowe o wymiarach 76 x 26 mm, szybki o wymiarach 100 x 100 mm i roztwory badanych żywic, wosków i kleju.

Stężenia roztworów dobrano w oparciu o literaturę poruszającą zagadnienie podklejania odspojonej warstwy malarskiej do szkła. Dla spoiw rozpuszczalnikowych wybrano jeden rozpuszczalnik – toluen, aby zredukować liczbę czynników mogących wpłynąć na wyniki badań, w przypadku zastosowania zróżnicowanej liczby rozpuszczalników do różnych spoiw. Toluen należy do rozpuszczalników o stopniu lotności względem eteru – 6,1, dzięki czemu stosunkowo szybko odparowuje z roztworu, pozwalając osiągnąć odpowiednią szybkość podklejania warstwy malarskiej do szkła. Wyjątek stanowi Plexisol P-550, który jest dostępny w postaci handlowej jako 40% roztwór w benzynie. Dla spoiw wodnych zastosowano wodę destylowaną.

Stężenia roztworów:

A. Żywice akrylowe

A-1. Paraloid B-72 (10% roztwór w toluenie)

A-2. Plexisol P-550 (10% roztwór w toluenie i w benzynie (3:1))

B. Uwodornione żywice węglowodorowe

B-1. Regalrez 1094 (10% roztwór w toluenie) + 2% Tinuvin 292

B-2. Arkon P 70 (10% roztwór w toluenie) + 2% Tinuvin 292

C. Żywica mocznikowo-aldehydowa

C-1. Laropal A 81 (10% roztwór w toluenie) + 2% Tinuvin 292

D. Woski i masy woskowo-żywiczne

D-1. bielony wosk pszczeli (4 cz.) + Regalrez 1094 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292

D-2. bielony wosk pszczeli (4 cz.) + Arkon P 70 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292

D-4. Cosmolloid 80 H (4 cz.) + Regalrez 1094 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292

D-5. Cosmolloid 80 H (4 cz.) + Arkon P 70 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292

D-6. Beva 371 (10% roztwór w toluenie)

E. Polialkohol winylu

E-1. Mowiol 4/98 (5% roztwór w wodzie destylowanej)

F. Akrylowe dyspersje wodne

F-1. Plextol B-500 (5% roztwór w wodzie destylowanej)

G. Hydroksypropyloceluloza

G-1. Klucel G (1% roztwór w wodzie destylowanej)

H. Klej glutynowy

H-1. klej rybi (1% roztwór w wodzie destylowanej)

Metodyka badań

Badanie właściwości i skuteczności środków konsolidujących do podklejania warstwy malarskiej do szkła przeprowadzono na szkiełkach mikroskopowych. Zbadano przygotowane wcześniej roztwory następujących żywic: Paraloid B-72, Plexisol P-550, Regalrez 1094, Arkon P 70, Laropal A 81, Plextol B-500, Mowiol 4/98, Klucel G oraz klej rybi i masy woskowo-żywiczne z naturalnym bielonym woskiem pszczelim, woskiem mikrokryształicznym Cosmolloid 80 H oraz Beve 371.

Badania podzielono na dwa etapy:

Badanie właściwości środków konsolidujących

Badanie polegało na przeprowadzeniu wizualnej obserwacji barwy i przezroczystości środków konsolidujących. Porównano makroskopowo wygląd zewnętrzny wyschniętych błon środków konsolidujących i gładkość powierzchni. Porównano cechy aplikacyjne poszczególnych środków konsolidujących i dokonano wizualnej oceny łatwości ich rozprowadzania i rozlewności na szkłe.

Na każde szkiełko prostokątne o wymiarach 76 x 26 mm naniesiono badane spoiwa. Użyto płaskiego pędzla z miękkim włosiem o szerokości 1 cm, w celu uzyskania błony oraz patyczek bambusowy, za pomocą którego naniesiono kroplę roztworu na szkiełko mikroskopowe.

Określono także przyczepność⁴ metodą siatki nacięć⁵ powłok żywic: Paraloid B-72, Plexisol P-500, Regalrez 1094, Arkon P 70, Laropal A 81,

4 Badania przyczepności powłok do szkła wykonano w Zakładzie Detali i Elementów Architektonicznych UMK w Toruniu pod kierunkiem dr. Andrzeja Podgórskiego.

5 PN-80/C-81531 Wyroby lakierowe. Określanie przyczepności powłok do podłoża oraz przyczepności międzywarstwowej.

Mowiol 4/98, Klucel G oraz kleju rybiego. Badanie wykonano na szybkach szklanych o wymiarach: 100 x 100 mm, które uprzednio oczyszczono i odtłuszczone acetonem oraz toluenem. Roztwory naniesiono w dwóch warstwach na tzw. krzyż, za pomocą pędzla o szerokości 1 cm. Pierwszą warstwę naniesiono poziomo, następnie po upływie około 12 godzin naniesiono drugą warstwę – pionowo. Po całkowitym odparowaniu rozpuszczalnika (96 godzin), kiedy powłoka osiągnęła stan wyschnięcia, przy użyciu noża krążkowego⁶ wykonano na płycie nacięcia równoległe w odległości około 20 mm od jej brzegu, a następnie prostopadłe nacięcia w stosunku do pierwszych (w celu uzyskania siatki nacięć).

Badanie skuteczności środków konsolidujących do podklejania warstwy malarskiej do szkła

Badanie miało na celu wybranie odpowiednich roztworów o dobrej sile klejenia warstwy malarskiej do szkła, dobrej zwilżalności i penetracji oraz jak najmniejszym wpływie wywieranym przez badane spoiwa na charakter warstwy malarskiej.

Do wykonania badań posłużyły odspojone łuski warstwy malarskiej z obrazu na szkłe (fot. 3.). Łuski ułożono warstwą malarską do tafli szkła, następnie przy pomocy pędzelka zaaplikowano kroplę spoiwa. Przeprowadzając próby ze środkiem adhezyjnym: A-2, D-1, D-2, D-4, D-5, D-6, F-1, po naniesieniu spoiwa, szkiełko z próbką pozostawiono do odparowania rozpuszczalnika na ok. 24 godziny i przystąpiono do ogrzewania spoiwa przez papier silikonowany za pomocą ciepłego kautera, w celu uplastycznienia spoiwa i zwiększenia obszaru penetracji. W przypadku spoiwa H-1, tj. kleju rybiego, próbkę ogrzano zaraz po zaaplikowaniu na szkiełko.

Przedstawienie wyników badań

Wyniki dwóch etapów badań – właściwości i skuteczności środków konsolidujących do podklejania odspojonej warstwy malarskiej zostały zestawione w tabelach.

⁶ Badanie wykonano przy użyciu noża krążkowego (w uchwycie) wykonanego ze stali narzędziowej NC-4 wg PN-77/H-85023, na którego obwodzie umieszczono 6 równoległych ostrzy w jednej płaszczyźnie w odstępach 1 mm.

W pierwszym etapie badań obserwowano wizualnie rozlewność badanych środków adhezyjnych, łatwości rozprowadzania ich na powierzchni szkła oraz szybkości odparowywania rozpuszczalnika. Następnie poddano analizie makroskopowej barwę, połysk i przezroczystość błony, uwzględniając jednocześnie obecność pęcherzyków powstałych wskutek zemulgowanego powietrza i śladów po przejściu pędzla (tzw. duktów). Obserwacji dokonano w czasie nakładania tych środków, schnięcia oraz po zestaleniu powłoki.

Przy badaniu przyczepności powłok żywic do szkła metodą siatki nacięć obserwowano za pomocą szkła o pięciokrotnym powiększeniu, czy wystąpiły odpryski powłoki i określono ich procent. Ocenę stopnia przyczepności określono na podstawie skali zamieszczonej w tabeli.

Tab. 1. Skala oceny stopnia przyczepności powłok żywic*

Stopień przyczepności	Opis wyglądu siatki nacięć
1	Krawędzie nacięć bez zmian
2	Nieznaczne braki kwadratów powłoki przy krawędziach nacięć wynoszące do 5% powierzchni
3	Braki kawałków lub kwadratów powłoki obejmujące do 35% powierzchni
4	Duże odpryski powłoki i braki kwadratów powłoki większe niż 35% powierzchni

W drugim etapie badań oceniono skuteczność zastosowanych żywic, klejów i mas woskowo-żywicznych do podklejania odspojonych łusek. Zwrócono uwagę na łatwość penetracji spoiwa między łuskę a powierzchnię szkła oraz na stopień wnikania pomiędzy te warstwy. Obserwowano wizualnie, czy zastosowane spoiwa mają wpływ na zmianę wyglądu i charakteru warstwy malarskiej.

* Skalę oceny stopnia przyczepności powłok żywic uzyskano od dr. A. Podgórskiego.

Tab. 2. Właściwości środków konsolidujących

Numer próbki	Środek konsolidujący	Barwa błony	Przeźroczystość	Rozlewność	Stopień przyczepności do szkła	Uwagi
A-1	Paraloid B-72 (10% roztwór w toluenie)	brak	bardzo dobra	bardzo dobra	2	błona miała słabo widoczne pod szkłem powiększającym pęcherzyki powietrza
A-2	Plexisol P-550 (10% roztwór w toluenie i benzylenie lakowej (3:1))	brak	bardzo dobra	bardzo dobra	1	błona miała ledwo widoczne pod szkłem powiększającym pęcherzyki powietrza
B-1	Regalrez 1094 (10% roztwór w toluenie) + 2% Tinuvin 292	brak	bardzo dobra	bardzo dobra	1	błona miała ledwo widoczne pod szkłem powiększającym pęcherzyki powietrza
B-2	Arkon P 70 (10% roztwór w toluenie) + 2% Tinuvin 292	brak	bardzo dobra	dobra	1	błona miała pęcherzyki powietrza widoczne „gołym okiem”
C-1	Laropal A 81 (10% roztwór w toluenie) + 2% Tinuvin 292	brak	bardzo dobra	bardzo dobra	2	błona miała ledwo widoczne pod szkłem powiększającym pęcherzyki powietrza
D-1	bielony wosk pszczeli (4 cz.) + Regalrez 1094 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292	biała	bardzo słaba	słaba	-	ciepły roztwór szybko krzepł i z trudem umożliwiał nakładanie, błona była kryjąca i nierównomierna
D-2	bielony wosk pszczeli (4 cz.) + Arkon P 70 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292	biała	bardzo słaba	słaba	-	ciepły roztwór bardzo szybko krzepł i z trudem umożliwiał nakładanie, błona była kryjąca i nierównomierna
D-4	Cosmolloid 80 H (4 cz.) + Regalrez 1094 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292	biała	bardzo słaba	słaba	-	ciepły roztwór szybko krzepł i umożliwiał nakładanie, błona była kryjąca i nierównomierna

Tab. 2. Właściwości środków konsolidujących (ciąg dalszy)

Numer próbki	Środek konsolidujący	Barwa błony	Przeźroczystość	Rozlewność	Stopień przyczepności do szkła	Uwagi
D-5	Cosmolloid 80 H (4 cz.) + Arkon P 70 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292	biała	bardzo słaba	bardzo słaba	-	ciepły roztwór bardzo szybko krzepł i uniemożliwił nakładanie, błona była kryjąca i nierównomierna
D-6	Beva 371 (10% roztwór w toluenie)	biała	słaba	bardzo dobra	-	ciepły roztwór rozlewał się równomiernie, błona była mętna, po odparowaniu rozpuszczalnika popękała
E-1	Mowiol 4/98 (5% roztwór w wodzie destylowanej)	brak	bardzo dobra	słaba	1	błona miała delikatną obwódkę, pod szkłem powiększającym widoczne były pęcherzyki powietrza
F-1	Plectol B-500 (5% dyspersja wodna)	brak	dobra	słaba	4	powierzchnia błony uległa pomarszczeniu i miała widoczne pęcherzyki powietrza
G-1	Klucel G (1% roztwór w wodzie destylowanej)	brak	bardzo dobra	słaba	1	błona była niewidoczna
H-1	klej rybi (1% roztwór w wodzie destylowanej)	brak	bardzo dobra	dobra	3	błona była niewidoczna

Tab. 3. Skuteczność konsolidacji warstwy malarskiej do szkła za pomocą badanych środków konsolidujących

Numer próbki	Środek konsolidujący	Zwilżenie i podklejenie łuski	Uwagi
A-1	Paraloid B-72 (10% roztwór w toluenie)	całkowite	
A-2	Plexisol P-550 (10% roztwór w toluenie i benzynie lakowej (3:1))	częściowe	roztwór nie podkleił łuski całkowicie, między łuską a szkłem pozostał pęcherzyk powietrza
B-1	Regalrez 1094 (10% roztwór w toluenie) + 2% Tinuvin 292	całkowite	
B-2	Arkton P 70 (10% roztwór w toluenie) + 2% Tinuvin 292	całkowite	
C-1	Laropal A 81 (10% roztwór w toluenie) + 2% Tinuvin 292	całkowite	
D-1	bielony wosk pszczeli (4 cz.) + Regalrez 1094 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292	całkowite	
D-2	bielony wosk pszczeli (4 cz.) + Arkton P 70 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292	częściowe	roztwór nie podkleił łuski całkowicie, między łuską a szkłem pozostał pęcherzyk powietrza, po ogrzaniu za pomocą ciepłego kautera łuska została podklejona całkowicie

Tab. 3. Skuteczność konsolidacji warstwy malarskiej do szkła za pomocą badanych środków konsolidujących

Numer próbki	Środek konsolidujący	Zwilżenie i podklejenie łuski	Uwagi
D-4	Cosmolloid 80 H (4 cz.) + Regalrez 1094 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292	częściowe	roztwór nie podkleił łuski całkowicie, między łuską a szkłem pozostał pęcherzyk powietrza, po ogrzaniu za pomocą ciepłego kautera łuska została podklejona całkowicie
D-5	Cosmolloid 80 H (4 cz.) + Arkon P 70 (1 cz.) + 2% Tinuvin 292	częściowe	roztwór nie podkleił łuski całkowicie, między łuską a szkłem pozostał pęcherzyk powietrza, po ogrzaniu za pomocą ciepłego kautera łuska została podklejona całkowicie
D-6	Beva 371 (10% roztwór w toluenie)	częściowe	roztwór nie podkleił łuski całkowicie, między łuską a szkłem pozostał pęcherzyk powietrza, po ogrzaniu za pomocą ciepłego kautera łuska została podklejona całkowicie
E-1	Mowiol 4/98 (5% roztwór w wodzie destylowanej)	minimalne	łuska została podklejona tylko przy krawędzi
F-1	Plextol B-500 (5% dyspersja wodna)	minimalne	łuska została podklejona tylko przy krawędzi
G-1	Klucel G (1% roztwór w wodzie destylowanej)	minimalne	łuska została podklejona tylko przy krawędzi
H-1	klej rybi (1% roztwór w wodzie destylowanej)	minimalne	łuska została podklejona tylko przy krawędzi

Omówienie wyników badań właściwości i skuteczności środków konsolidujących odspojoną warstwę malarską do szkła

Na podstawie badań właściwości środków konsolidujących odspojoną warstwę malarską do szkła do grupy żywic o najlepszych właściwościach zaliczono Paraloid B-72, Plexisol P-550, Regalrez 1094 oraz Laropal A 81 rozpuszczone w toluenie i klej rybi w wodzie destylowanej. Spoiwa te charakteryzowały się bardzo dobrą rozlewnością na szkłe. Błony tych żywic po odparowaniu rozpuszczalnika miały bardzo dobrą przezroczystość i gładkość powierzchni.

Podobnymi właściwościami charakteryzował się Arkon P 70 rozpuszczony w toluenie, przy czym spoiwo to wykazywało minimalnie nierównomierną rozlewność, a błona po odparowaniu rozpuszczalnika miała widoczne pęcherzyki powietrza, wielkością przypominające ślady po nakłuciu igłą.

Wśród wspomnianych żywic najlepszą przyczepność miały powłoki żywicy: Plexisol P-550, Regalrez 1094, Arkon P 70. Natomiast powłoka Paraloidu B-72 i Laropalu A 81 miały nieznaczne punktowe odpryski od podłoża przy krawędzi nacięć.

Dobłą przyczepnością charakteryzują się również błony żywicy Klucel G i Mowiol 4/98. Błona żywicy Plextol B-500 miała najslabszą przyczepność, o czym świadczyły duże odpryski powłoki i braki kwadratów powłoki pomiędzy krawędziami nacięć. Slabą, choć nieco lepszą przyczepność wykazała także powłoka kleju rybiego, która miała mniej odprysków i braków powłoki w niektórych kwadratach siatki do 35% powierzchni siatki nacięć.

Półmatowa była błona żywicy Plextol B-500. Spoiwo to, podobnie, jak Mowiol 4/98 i Klucel G wykazało słabą rozlewność, przy czym błony obu żywic były przezroczyste, bezbarwne i ledwo widoczne na powierzchni szkła.

Osobną grupę stanowią masy woskowo-żywiczne, charakteryzujące się matowością i nieprzeźroczystością. Stosowanie ich nastroczało nieco problemów, ponieważ podczas nakładania na powierzchnię szkła ogrzane masy szybko krzepły na skutek wychłodzenia, utrudniając rozlewność. Spośród badanych mas wyjątkiem była Beva 371, która łatwo

dawała się rozprowadzać pędzlem na szkłe. Po odparowaniu rozpuszczalnika błona Bevy 371 uległa spękanom i była mętna. Wosk pszczeli, który ma niższą temperaturę mięknięcia od Cosmoloidu 80 H dawał się łatwiej rozprowadzać. Woski z dodatkiem żywicy Regalrez 1094 wykazywały nieco lepszą rozlewność niż woski z dodatkiem żywicy Arkon 70.

Na podstawie badań skuteczności środków konsolidujących odspojoną warstwę malarską do szkła stwierdzono, iż badane spoiwa różniły się łatwością zwilżania, wnikania i penetracji między łuskę i powierzchnię. W trakcie badań wizualnych nie zaobserwowano zmian wyglądu czy charakteru warstwy malarskiej po wprowadzeniu badanych spoiw pomiędzy łuskę a powierzchnię szkła.

Najlepsze właściwości wykazały żywice Paraloid B-72, Regalrez 1904, Arkon P 70 oraz Laropal A 81 rozpuszczone w toluenie. Wymienione spoiwa bardzo łatwo penetrowały między łuskę a powierzchnię szkła. Łuska została podklejona całkowicie.

Żywica Plexisol P-550 w toluenie częściowo zwilżyła łuskę, która w następstwie nie została w pełni skonsolidowana. Pozostał pęcherzyk powietrza. Pomimo ogrzania łuski ze spoiwem za pomocą ciepłego kautera (ok. 60°C) nie udało się wyeliminować pęcherzyka powietrza.

Spoiwa wodne, jak Mowiol 4/98, Plextol B-500, Klucel G i klej rybi, podkleiły łuski jedynie przy krawędziach.

W grupie spoiw woskowo-żywicznych najlepiej penetrował między łuskę a powierzchnię szkła bielony wosk pszczeli z żywicą Regalrez 1094. Pozostałe masy woskowo-żywiczne wraz z Bewą 371 nie podkleiły łuski całkowicie, między nią a szkłem pozostał pęcherzyk powietrza. Dopiero po ogrzaniu ciepłym kauterem przez papier silikonowany spoiwa łatwo penetrowały między łuskę a szkło, podklejając ją całkowicie.

Żywice termoplastyczne po odparowaniu rozpuszczalników również ogrzano ciepłym kauterem. Jednak nie osiągnięto całkowitego podklejenia łusek.

Próby podklejania odspojonej warstwy malarskiej

Próby podklejania odspojonej warstwy malarskiej przeprowadzono na obrazie *Widok Amsterdamu – kamienice* (fot. 4).

Do przeprowadzenia prób wybrano spoiwa, które w trakcie wykonywanych badań wykazały najlepsze właściwości i najlepszą skuteczność podklejenia: 10% roztwór w toluenie żywicy Paraloid B-72, Regalrez 1094, Laropal A 81 oraz Bewę 371 i masę woskowo-żywiczną, w skład której wchodził naturalny bielony wosk pszczele oraz żywica Regalrez 1094 w stosunku wagowym 4:1.

Celem wykonanych prób było zweryfikowanie skuteczności wybranych spoiw do podklejania warstwy malarskiej do szkła oraz wybranie najlepszego spoiwa.

Próby wykonano na stole ze szklanym blatem, pod który podłożono w pewnej odległości lustro w celu obserwacji zarówno lica, jak i odwrocia w momencie aplikacji spoiwa. Ponieważ obraz jest wypukły, pozostawiono go w ramie, aby był stabilny w trakcie wykonywania prób.

Do nałożenia spoiwa użyto małego pędzelka z miękkim włosiem. Masę woskowo-żywiczną i Bewę 371 nakładano na ciepło, następnie ogrzewano ciepłym kauterem (ok. 65°C) przez papier silikonowany, w celu uplastycznienia spoiwa i zwiększenia obszaru penetracji. Po sprasowaniu ciepłym kauterem na papier silikonowany nakładano woreczek z piaskiem, aby docisnąć podklejany fragment warstwy malarskiej i przyspieszyć chłodzenie spoiwa.

Ocena skuteczności zabiegu podklejania odspojonej warstwy malarskiej

Spoiwa, w skład których wchodziła żywica Paraloid B-72, Regalrez 1094 oraz Laropal A 81 okazały się skuteczne i dobrze penetrowały odspojenia, choć po ich wprowadzeniu nadal pozostawały niewielkie pęcherzyki powietrza pomiędzy warstwą malarską a szkłem. Podczas aplikacji żywicy konieczne było dociskanie łusek patyczkiem bambusowym. W przypadku żywicy Laropal A 81, w miejscach, gdzie podklejono odspojenia zauważono minimalnie ciemniejszy ton warstwy malarskiej.

Skuteczna okazała się także masa woskowo-żywiczna o składzie wosk pszczele/Regalrez 1094 oraz Beva 371, lecz masa woskowo-żywiczna zmieniła odcień warstwy malarskiej na minimalnie ciemniejszy.

Te dwa spoiwa bardzo dobrze penetrowały odspojenia. Jedynym zastrzeżeniem było to, iż przy dłuższym dociskaniu łusek kauterem, w celu wyprowadzenia pęcherzyków powietrza, warstwa malarska pękała. Trudności sprawiało także wymywanie nadmiaru spoiwa benzyną lakową, ponieważ pocieranie wacikiem stwarzało ryzyko uszkodzenia zachowanych łusek.

Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, iż na skuteczność podklejania i łatwość wnikania spoiwa pomiędzy warstwę malarską a powierzchnię szkła decydujący wpływ ma stężenie i lepkość roztworu. Ważnym czynnikiem są również właściwości zwilżania powierzchni przez żywicę. Inną właściwością charakteryzującą odpowiednie spoiwo do podklejania warstwy malarskiej do szkła jest przyczepność powłoki środka adhezyjnego do szkła.

Za najodpowiedniejsze spoiwa do konsolidacji warstwy malarskiej do podobrazia szklanego można uznać Paraloid B-72 i Regalrez 1094, ponieważ są to żywice stabilne optycznie, o współczynniku załamania światła zbliżonym do szkła, niezmieniające cech indywidualnych warstwy malarskiej. Biorąc pod uwagę bardzo małą wielkość cząsteczki żywicy Regalrez 1094, można stwierdzić, iż ta żywica wykazuje najlepszą skuteczność w przypadku podklejania warstwy malarskiej do szkła. Należy przy tym pamiętać, żeby do spoiwa z tą żywicą dodać fotostabilizatora Tinuvin 292 w ilości 2% masy żywicy, dzięki któremu wydłuży się jej rozpuszczalność.

Arkon P 70 oraz Laropal A 81 rozpuszczone w toluenie również są bardzo skuteczne do podklejania i bardzo łatwo penetrują między warstwę malarską a powierzchnię szkła, lecz mają gorsze właściwości. Arkon P 70 jest minimalnie mniej odporny na żółknięcie w porównaniu z żywicą Regalrez 1094⁷, pomimo dodatku fotostabilizatora Tinuvin 292. Natomiast spoiwo z żywicą Laropal A 81 wykazało gorsze właści-

⁷ J. Ciabach, *Werniksy cykloheksanonowe i werniksy otrzymywane z uwodornionych żywic węglowodorowych*, „Ochrona Zabytków” 2002, nr 2, s. 189–190.

wości, gdyż podczas prób podklejania warstwy malarskiej nieznacznie zmieniło jej nasycenie.

Jednak pomimo bardzo dobrych właściwości, jakimi charakteryzują się żywice Paraloid B-72 i Regalrez 1094, spoiwa te nie są do końca skuteczne, gdyż nie podklejają całkowicie warstwy malarskiej do szkła. Podczas wykonywania prób podklejania zawsze pozostawał pęcherzyk powietrza. Gdy próbowano go wyeliminować – przez dociskanie łusek igłą preparacyjną – czasami łuski pękały. Również wprowadzone spoiwo wytwarzało „barierę” i powietrze zostawało „uwięzione” między warstwą malarską a szkłem.

Wymienione spoiwa są rozpuszczane w toluenie, który może mieć negatywny wpływ na warstwy barwne wtedy, gdy rozpuszczalnik zbyt długo na nie działa. Należy zawsze przed zabiegiem konsolidacji zbadać odporność warstwy malarskiej na ten rozpuszczalnik.

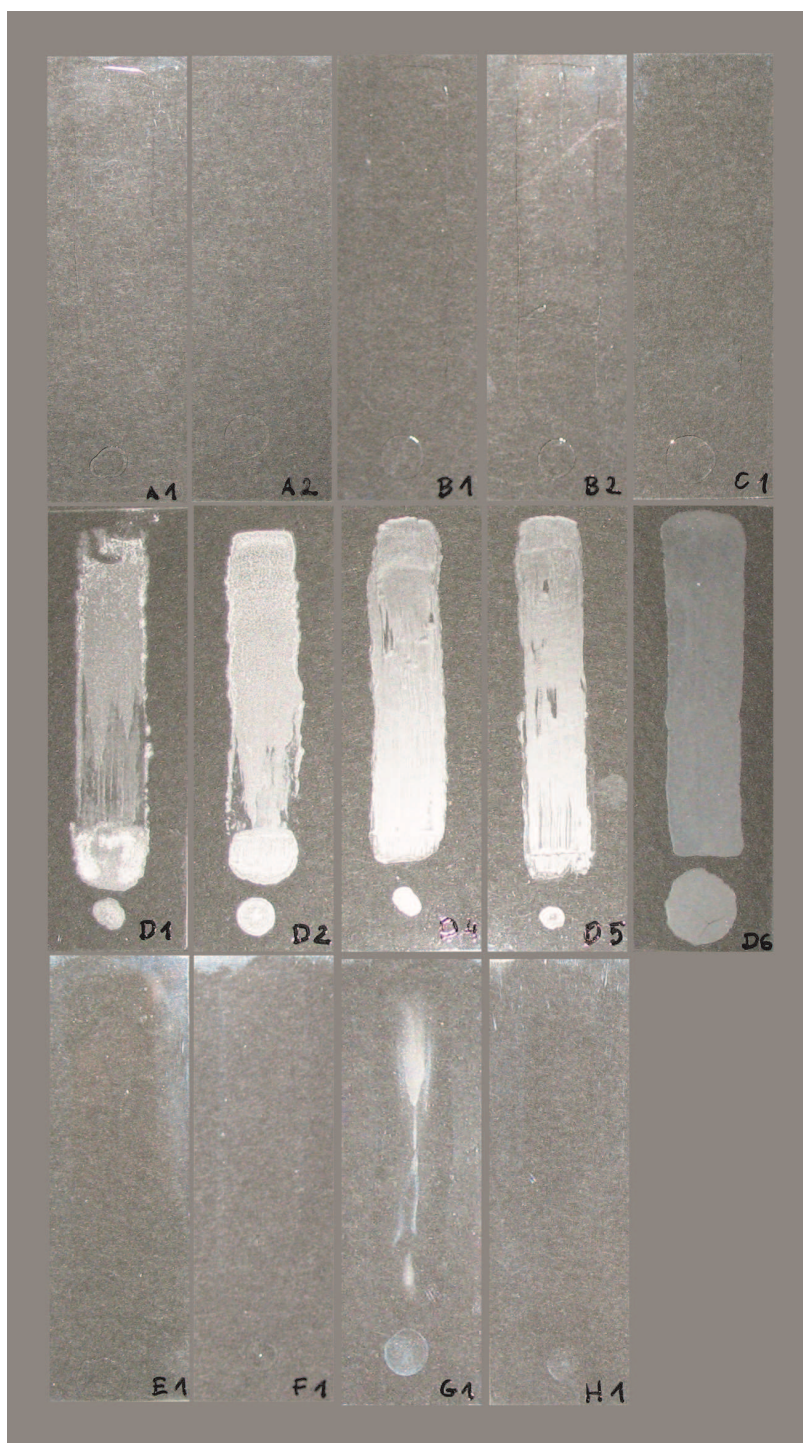
Odpowiednimi środkami do konsolidacji są spoiwa, które nie mają w swoim składzie rozpuszczalników, jak np. masy woskowo-żywiczne. Istotną właściwością wosków jest bardzo dobra penetracja w chwili, kiedy są w postaci ciekłej.

Ponieważ wosk ma stosunkowo niską temperaturę topnienia od 60–65°C, to nie zagraża on szklanemu podobrazu. Należy jedynie pamiętać, aby podczas ogrzewania kauterem nie dociskać nim zbyt mocno warstwy malarskiej do szkła, ponieważ może to wywołać spękania.

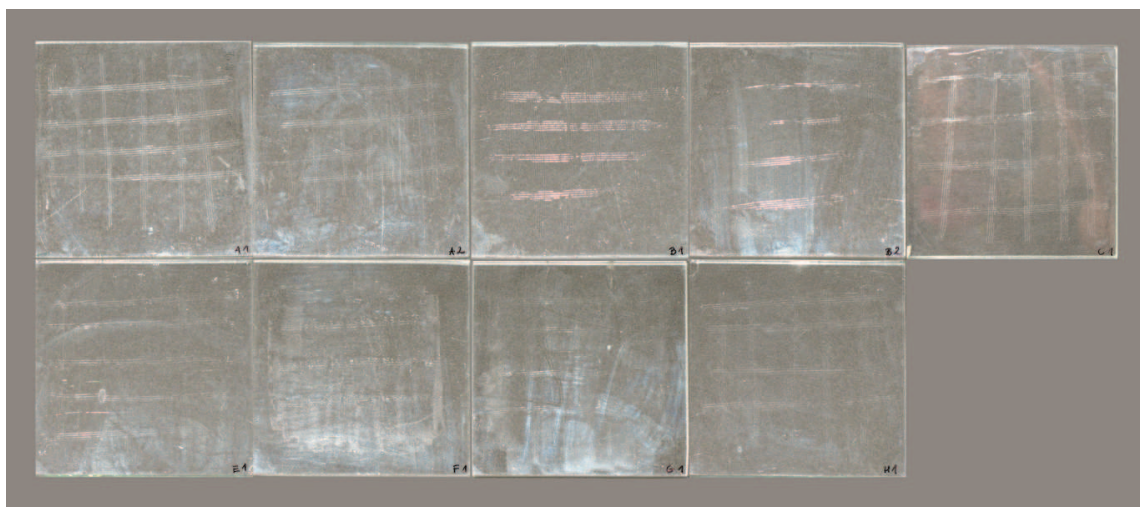
Wadą wosku naturalnego, czy mikrokrystalicznego jest to, iż mają niski współczynnik załamania światła, co negatywnie wpływa na wygląd podklejanych partii warstwy malarskiej w obrazie.

Do wad mas woskowo-żywiczych należy zaliczyć również chłonięcie kurzu ze względu na niską temperaturę mięknięcia wosku. Jednak nie przeszkadza to w stosowaniu tych spoiw, ponieważ od lica warstwa malarska jest osłonięta szybą, natomiast od odwrotcia można zastosować specjalną osłonę zabezpieczającą.

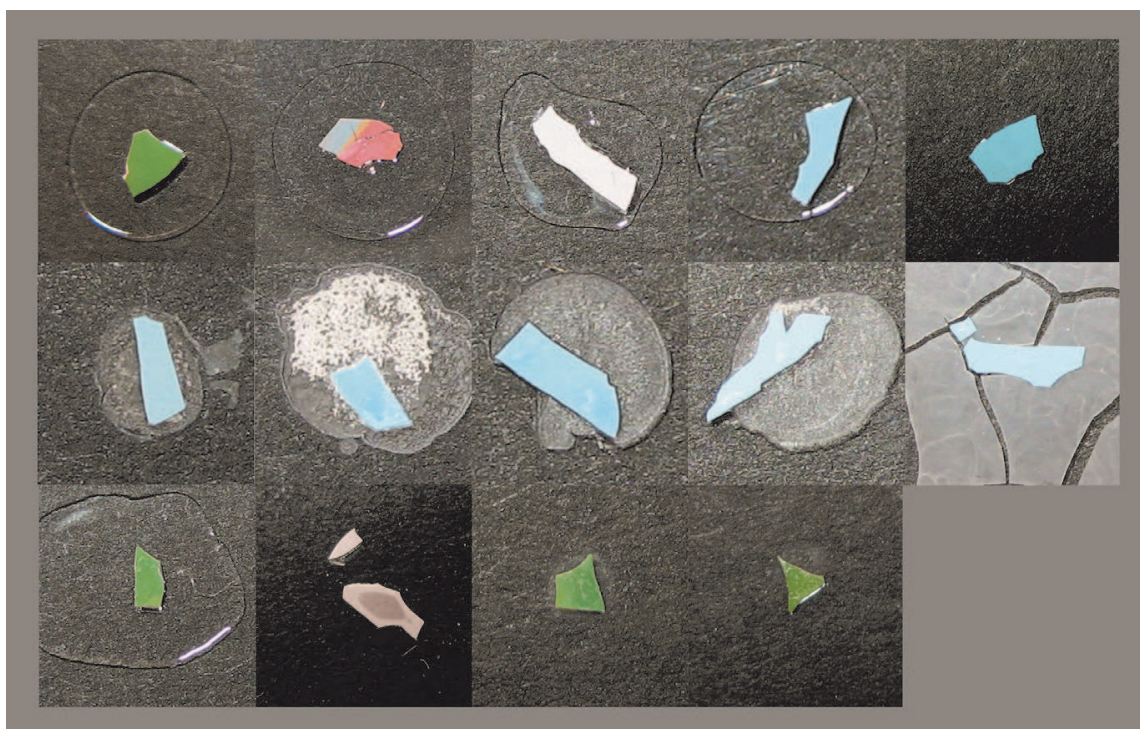
Spoiwa wodne postanowiono wyeliminować, ponieważ mają gorsze właściwości zwilżania, lepkości oraz są mniej odporne mikrobiologicznie.



Fot. 1. Badanie właściwości środków konsolidujących; na każdym szkiełku mikroskopowym widoczna błona spoiwa w postaci pociągnięcia pędzlem i poniżej nałożonej kropli: A-1, A-2, B-1, B-2, C-1, D-1, D-2, D-4, D-5, D-6, E-1, F-1, G-1, H-1 (fot. B. Szmelter-Fausek)



Fot. 2. Badanie przyczepności powłok żywic do szkła metodą siatki nacięć; na każdej szybce szklanej widoczna powłoka żywicy z wykonanymi nacięciami: A-1, A-2, B-1, B-2, C-1, E-1, F-1, G-1, H-1 (fot. B. Szmelter-Fausek)



Fot. 3. Badanie skuteczności środków konsolidujących do podklejania warstwy malarskiej do szkła; na każdym szkiełku mikroskopowym widoczna łuska podklejona za pomocą danego spoiwa: A-1, A-2, B-1, B-2, C-1, D-1, D-2, D-4, D-5, D-6, E-1, F-1, G-1, H-1 (fot. B. Szmelter-Fausek)



Fot. 4. *Widok Amsterdamu – kamienice*, 1880–1910 r., własność prywatna, lico obrazu z ramą (fot. B. Szmelter-Fausek)



Fot. 5. *Widok Amsterdamu – kamienice*, próby podklejania odspojonej warstwy malarskiej przy pomocy spoiwa woskowo-żywicznego, ogrzewanie kauterem (fot. B. Szmelter-Fausek)



Fot. 6. Fragment obrazu *Widok Amsterdamu – kamienice*, widoczny fragment z podklejonymi łuskami za pomocą 10% roztworu Paraloidu B-72 w toluenie (fot. B. Szmelter-Fausek)

Summary

Research on properties and efficacy of adhesives to consolidate detached painting layer to glass support

The aim of the research presented in the article is to verify the efficacy of the adhesives mentioned in the literature as the best consolidants to detached painting layer to glass support. Research were to confirm or to reject the reasonableness of using them by conservators. The properties were analysed and the consolidation of detached flakes of painting layer were made.

The article is divided into two parts. In the first part the research on properties and efficacy of adhesives to consolidate detached painting layer to glass support was described and the results of the research were presented. The following adhesives were analysed: acrylic resins: Paraloid B-72, Plexisol P-550, Plextol B-500; hydrogenated hydrocarbon resins: Arkon P 70, Regalrez 1094; urea-aldehyde resin Laropal A 81; polyvinyl alcohol: Mowiol 4/98; hydroxypropyl cellulose: Klucel G; glutine glue: fish glue; waxes: natural white bee's wax, microcrystalline wax Cosmolloid 80 H and Beva 371. In the second part of the article the tests consolidation of detached painting layer to glass support was presented.

The analyses showed that the resin Paraloid B-72, Regalrez 1904, Arkon P 70 and Laropal A 81 in 10% of toluene had the best properties. The following resins characterizes with a good penetration between the painting layer and the glass support. The whole flake was consolidated with glass. To verify the efficacy of consolidants the following adhesives were chosen: 10% Paraloid B-72, 10% Regalrez 1094, 10% Laropal A 81, Beva 371 and resin-wax mixture of natural white bees' wax and Regalrez 1094 (4:1). Research showed that the concentration and the viscosity of the adhesives influence on the efficacy of adhesive bond. Properties of moistenableness of adhesive and properties of adhesion is very important.

The suitable consolidant to glass support is Paraloid B-72 and Regalrez 1094. The resins have good optical properties and its refractive index is similar to glass. They don't change the individual character of painting layer.