

Władysław Ślesięski

Konserwacja witraży

Ochrona Zabytków 46/4 (183), 328-337

1993

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

KONSERWACJA WITRAŻY

Czynniki niszczące i objawy schorzeń

Przyczyny niszczenia witraży tkwią przede wszystkim w składzie i technice wykonywania samego szkła oraz w warunkach, jakie stwarza otoczenie. Teoretycznie możliwości stanu zachowania sprowadzić można do trzech wariantów: w pierwszym farby są nienaruszone, a szkło zwietrzałe, w drugim farby są zwietrzałe, a szkło nienaruszone, w trzecim zarówno szkło, jak i farby wykazują różne formy zwietrzenia.

Woda. Bardzo groźnym wrogiem witraży jest woda, bo w jej obecności uaktywniają się inne czynniki. Woda lub para wodna powodują hydratację tlenków alkalicznych i tworzenie się ługów rozpuszczających krzemionkę, główny budulec szkła. Powtarzające się występowanie wody na powierzchni witraża zwiększa koncentrację jonów wodorotlenowych i przyspiesza korozję szkła. Zaobserwować można, że ilość wody na powierzchni szkła pozostaje w bezpośrednim związku ze względną wilgotnością powietrza w otoczeniu. Wzrost wilgotności wzmagają korozję¹. Na wilgotnej powierzchni szkła osad porzutu i zanieczyszczenia powietrza łączą się i dają początek reakcjom prowadzącym do jego zniszczenia.

Wpływ zanieczyszczeń powietrza. Mimo swej łagodności szkło uchodzi za materiał odporny. Nie wszyscy zdają sobie sprawę, że podlega ono niszczeniu przez zanieczyszczenia atmosferyczne. Od lat pięćdziesiątych obserwuje się zastraszająco szybkie niszczenie witraży. Proces ten przebiega równolegle ze wzrostem zanieczyszczeń powietrza szkodliwymi substancjami. Szkło może być atakowane zarówno przez kwasy, jak i ługi; oba związki niszczą witraże. Woda kondensująca się na powierzchni szkła rozpuszcza alkalia znajdujące się w nim, stając się alkalizującą. Rozpuszczone alkalia w zhydratyzowanej warstwie zostają zmyte wodą lub po jej odparowaniu jako stężone pozostają na powierzchni szkła. Powstały ług alkaliczny działa na szkło, rozpuszczając m.in. krzemiany i krzemionkę i uszkadzając strukturę szkła.

Równocześnie z reakcją wyługowywania alkali, w przypadku szkieł średniowiecznych przede wszystkim związków potasu i wapnia, następują też reakcje z zawartym w powietrzu dwutlenkiem węgla i dwutlenkiem siarki, z czego tworzą się ostatecznie węglany i siarczany. O agresywności powietrza atmosferycznego wobec witraży świadczą zwietrzenia sięgające 1-5 mm w głąb i coraz większa porowatość ich powierzchni. Przyczyny gwałtownego niszczenia witraży upatrywać można właśnie w przybierającym na sile zanieczyszczeniu powietrza przede wszystkim dwutlenkiem siarki.

Dwutlenek siarki w suchym stanie nie atakuje szkła, czyni to dopiero w obecności wilgoci, często po utlenieniu się do trójtlenku i połączeniu z wodą w

kwasy siarkowe działający na szkło w sposób bardzo agresywny. Także dwutlenek węgla czerpany z powietrza w połączeniu z wilgocią wytwarza na powierzchni szkła witraży kwas węglowy, który je atakuje.

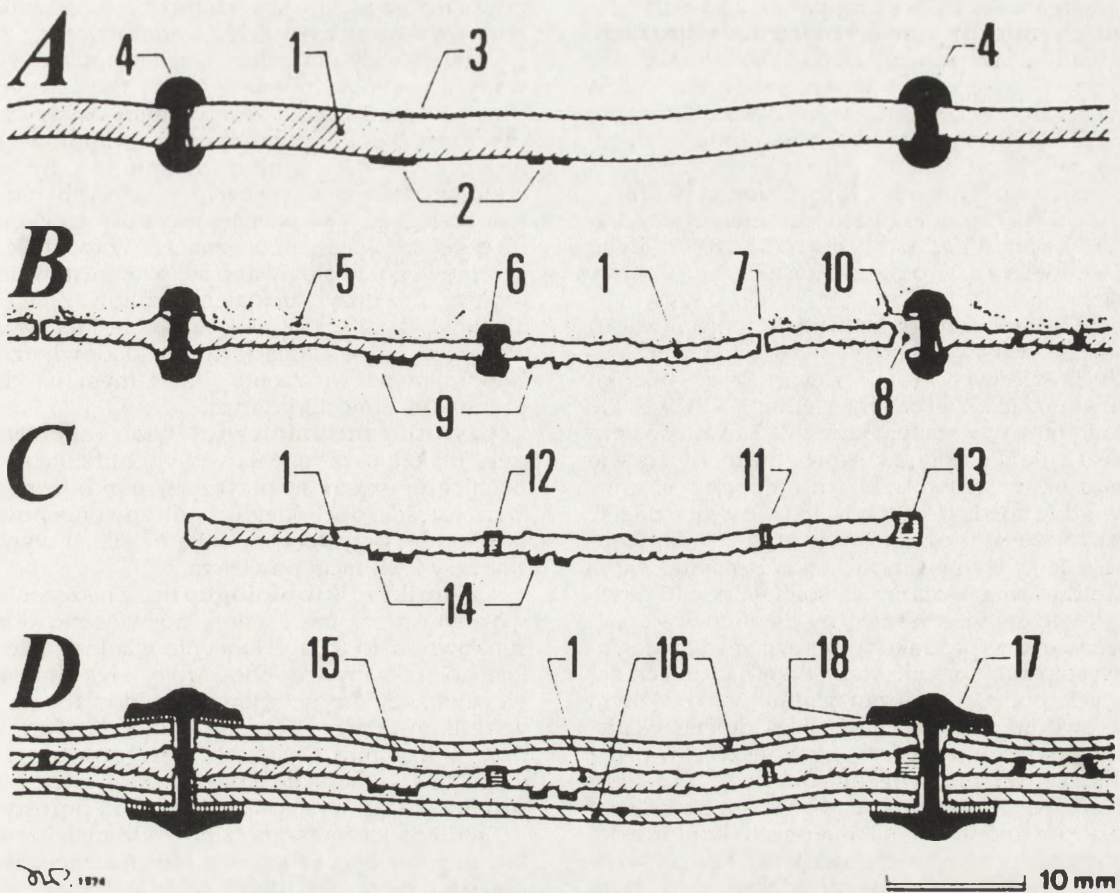
Różnice w korozji witraży od strony wnętrza i od strony zewnętrznej. Czynniki niszczące działają szczególnie silnie na zewnętrznej stronie witraży. Tu wraz z kurzem i zanieczyszczeniami powietrza zatrzymuje się dwutlenek siarki i dwutlenek węgla oraz tworzące się z wilgocią kwasy. Często spływa woda deszczowa. Warunki takie powodują wytrawianie szkła i powstawanie na nim białych osadów. Równocześnie konturówka oraz inne farby znikają całkowicie z zewnętrznej strony, a czasami zachowane malowidła są w różnym stopniu zwietrzenia.

Od strony wewnętrznej witraże są mniej narażone na ataki czynników atmosferycznych, toteż niszczenie następuje wolniej. W procesie niszczenia ważną rolę odgrywa kondensacja wilgoci z powietrza w chłodnych porach roku, dochodząca z zewnątrz przez drzwi i okna oraz wnoszona przez odwiedzających wnętrza. Według G. Frenzela² w ciągu jednej godziny odwiedzający pomieszczenie np. sakralne wydziela drogą oddychania i wyparowania 40 g wody. Przy ogrzewaniu wnętrza powstają klimatyczne różnice między wnętrzem budynku a jego zewnętrzną stroną, przy czym wilgoć nagromadzona w powietrzu osiada w postaci rosy na źle izolowanych płaszczynach wewnętrznych witraży. Zdolność wchłonięcia jej jest ograniczona. Przy obniżeniu temperatury para wodna skrapla się, więc wahania wilgoci są mniejsze przy niższej temperaturze niż przy wysokiej, i dlatego obiekty wyposażone w witraże, najczęściej są to kościoły, powinny być powściągliwie ogrzewane. W bardzo niewielu kościołach są możliwości automatycznej, pełnej klimatyzacji, a więc utrzymania całorocznej, niezmiennej temperatury i wilgotności. W większości kościołów nieogrzewanych witraże wystawione były przez lata na nieduże wahania względnej wilgotności, gdzie grube mury działały jako wyrównujący „spichlerz wilgoci”.

Formy korozji witraży. Proces korozji zaczyna się od oddziaływania wody na powierzchnię szkła, powodując jej hydratację. Pierwszym widocznym objawem korozji jest powstanie kraterków (o średnicy 0,1-0,2 mm), które następnie z reguły szybciej rozszerzają się w płaszczynie niż w głąb szkła w formie kanałów korozyjnych. Powyższy etap często określane jest jako korozja wżerowa. Korozja w formie kralur wbrew pozorom nie występuje tak często, jak się to wydaje. Korozja typu powłok nieprzezroczystych występuje na szkle różnego składu chemicznego i to zarówno na licu, jak i na jego odwrocie. Powłoki czarnobrunatne (tlenki żelaza i manganu oraz wodorotlenki czyniące szkło nieprzezroczystym) występu-

1. S. Fitz, E. Fitz-Ulrich, G. Frenzel, R. Krüger, H. Kühn, *Die Einwirkung von Luftverunreinigungen auf ausgewählte Kunstwerke mittelalterlicher Glasmalerei*, München 1984.

2. G. Frenzel, *Probleme der Restaurierung, Konservierung und Prophylaktischen Sicherung mittelalterlicher Glasmalerei*, „Maltechnik-Restaur” 1982, nr 4, s. 230-260.



Zniszczenia i konserwacja witraża

A. Średniowieczny witraż — stan pierwotny:

1. oryginalne szyby okienne, pierwotne grubości 4-6 mm,
2. czarna konturówka (wewnątrz),
3. cieniowanie konturówką (od zewnątrz),
4. dwuteownik ołowioowy;

B. Średniowieczny witraż — stan obecny:

5. szkło zwietrzałe i brudne,
6. wzmacniający dwuteownik ołowioowy,
7. pęknięcie,
8. wylamane brzegu,
9. luźna lub zwietrzała konturówka,
10. kit uszczelniający, stwardniały;

C. Uwolnione szyby oryginalne, wykitowane:

11. odsłonięte miejsca kitów,
12. wypełniony wylamany wzmacniający dwuteownik ołowioowy,
13. wylamane krawędzie wypełnione pastą szklaną,
14. konturówka wzmocniona i uzupełniona na widocznych śladach (na zimno);

D. Witraż po konserwacji:

15. miękki film akrylowy,
16. szkło nakrywające, grubości 1,3 mm, wygięte,
17. nowe dwuteowniki ołowioowe, szerokości 8-10 mm,
18. kit olejny.

Wg: A. Wolff, „Die Konservierung der Glasmalereien am Kölner Dom”, „Glaskonservierung”, 32, 1989, s. 102

Deterioration and conservation of the stained glass window.

A. A medieval stained glass window — original state:

1. original panes, 4-6 mm thick,
2. original contourline (inside),
3. contour shade (from outside),
4. lead T-iron;

B. Medieval stained glass window — present-day state:

5. dirty and weathered glass,
6. lead T-iron reinforcement,
7. crack,
8. broken edge,
9. loose or weathered contour,
10. hardened putty;

C. Original panes removed, with putty, added:

11. disclosed places of putty,
12. replenished lead T-iron reinforcement,
13. broken edges replenished with glass paste,
14. contour reinforced and replenished along visible traces (cold method);

D. Stained glass window after conservation:

15. soft acrylic film,
16. glass covering thicker fragments, 1,3 mm, curved,
17. new lead T-iron, 8-10 mm thick,
18. oil putty.

From: A. Wolff, „Die Konservierung der Glasmalereien am Kölner Dom”, „Glaskonservierung”, 32, 1989, p. 102

ją przeważnie na szkłe barwionym manganem.

Skład chemiczny nawarstwień na witrażach.

Według badań przeprowadzonych przez S. Fitz, E. Fitz-Urlich, G. Frenzela, G. Krügera i H. Kühna (1984 r.)³, zidentyfikowano w warstwach korozyjnych na prawie trzystu próbkach następujące składniki: gips (w 293 próbkach ze strony zewnętrznej i 65 w wewnętrznej), syngenit (70:26), anglezyt (12:7), palmieryt (15:14), arkanit (1:1), pikromeryt (0:1), baryt (2:1), kwarc (129:26), kalcyt (13:18), dolomit (5:10), weddellit (2:2) oraz niekryształiczne warstwy korozyjne (9:5).

Główne komponenty szkła (krzem, potas i wapń) występują w warstwie korozji w typowych przesunięciach ilościowych, i tak zawartość dwutlenku krzemu wyraźnie wzrasta (przeciętnie z 47% w szkłe do średnio 60% w warstwie korozji). Zawartość tlenku potasu i tlenku sodu w skorodowanej warstwie jest niższa niż w samym szkłe (np. tlenek potasowy z 20% w szkłe spada do 3% w warstwie zwierzętej)⁴. Oznacza to, że w procesie wietrzenia łatwo rozpuszczalne sole są wymywane ze szkła i znajdują się w formie trudno rozpuszczalnych soli (syngenit i gips). Do ich utworzenia jest konieczny dwutlenek siarki.

Górne warstwy produktów korozji zawierają syngenit (występujący przede wszystkim na szklach zawierających potas) i siarczan wapniowy o różnym stopniu uwodnienia (np. gips) jako mocne osady. Z tym, że gips jest o wiele łatwiej rozpuszczalny przez wodę deszczową niż syngenit. Siarczan (anglezyt i palmieryt) występują przede wszystkim na szklach zawierających ołów lub na miejscach konturówki. Występowanie w warstwie produktów korozji weddellitu jest zaskakujące. Prawdopodobnie dotyczy to produktów przemiany materii mikroorganizmów, które zasiedliły skorodowaną powierzchnię szkła. Jako pozostałość procesów działania szkodliwych gazów odlotowych z powietrza i wilgoci pozostaje na szkłe witraży 1-2 mm biały, kredowy osad, tzw. *Wetterstein* (osad siarkowy), silnie higroskopijny, ssący wilgoć na podobieństwo gąbki i przyspieszający procesy niszczenia.

Wpływ składu szkła na korozję. Poważny wpływ na korozję witraży ma skład szkła i błędy w technice jego wykonywania. Chemiczny skład określa odporność szkła na procesy niszczenia, gdyż uwarunkowana jest ona jakością i ilością składników tworzących masę szklaną.

Większa zawartość w dawnych szklach alkaliu, tlenków sodu i potasu powoduje szybsze procesy korozji niż ma to miejsce przy szklach współczesnych. Tlenek sodu i potasu wchłaniają chciwie znajdującą się w wolnym stanie wodę i rozpuszczają się w niej w znacznych ilościach. W ten sposób powstają żrące ciecze, zwane alkaliami. Największą wrażliwość na działanie wody wykazuje tlenek potasowy. Tak więc szkła są tym odporniejsze, im więcej zawierają dwutlenku krzemu i im mniej alkaliu. Antyczne szkła wykazują stosunkowo dobrą odporność na czynniki zewnętrzne; są to szkła przede wszystkim sodowe. Natomiast szkła średniowieczne, z których

powstały najpiękniejsze witraże, to głównie szkła potasowo-wapniowe. Szkła średniowieczne zawierają zamiast sody naturalnej węglan potasowy uzyskiwany z popiołu drewna leśnego (bukowego) i paproci. W porównaniu z antycznymi miały one dużą zawartość tlenku potasowego i wapniowego oraz niską zawartość tlenku krzemu. Średniowieczne szkło wytapiano w piecach, w których nie można było osiągnąć wysokiej temperatury topnienia, koniecznej ze względu na znaczną zawartość kwasu krzemowego. Posługiwano się więc zestawami łatwo topliwymi, z dużym udziałem alkaliów. Znaczna ilość alkaliów czyni szkło miękkim (o niskiej twardości), ale także łatwo ulegającym rozkładowi, tzn. mało odpornym na wietrzenie i podatnym na działanie czynników atmosferycznych.

Czynniki mechaniczne. Burze (uderzenia wiatru), a także uszkodzenia w wyniku rzucania kamieniami itp., często są przyczyną uszkodzeń witraży. Współcześnie dochodzi ruch uliczny oraz powietrzny (samoloty), przybierający stale na sile, a wywołujący wstrząsy i wibracje powietrza.

Czynniki mikrobiologiczne. Zniszczeniu wywołanym przez ten czynnik poświęcono dotąd stosunkowo mało uwagi. Obecnie wiadomo, że wywołują go mikroby (drobnoustroje, algi i grzyby). Po wewnętrznej stronie witraży znajdowane są przede wszystkim grzyby i szczepy bakteryjne (np. w katedrze w Kolonii i Chartres), które powodują na powierzchni szkła małe kraterki. Na zewnętrznej zaś stronie witraży występują także algi i porosty.

Średniowieczne szkła, z powodu małej zawartości krzemianów przy równocześnie znacznej zawartości potasu i nierzadko domieszek fosforanu stanowią dogodną glebę odżywczą dla rozwoju mchów, porostów, alg i przyleszczyk roślin zawierających chlorofil. Mogą one także pozyskać pożywienie z dwutlenku węgla, wody i światła słonecznego. Niektóre wyspecjalizowane rodzaje tych organizmów mogą egzystować jedynie w oparciu o związki siarki lub żelaza.

Dawne zabiegi konserwatorskie. Znaczących strat wśród witraży dokonały dawne, niewłaściwe zabiegi konserwatorskie. Najwięcej zniszczeń wyrządziło czyszczenie witraży żrącymi, ostrymi środkami, jak np. kwasem sześciofluorkrzemowym, używanie spoiw organicznych do retuszy, a także wprowadzanie zbyt pochopnie powłok ochronnych, które w rezultacie korozję szkła przyspieszały. Stosowano też dość często wymianę listew ołowiowych, co świadczy o braku szacunku dla autentyczności. Zabieg taki motywowany osłabieniem listew, a przede wszystkim koniecznością połączenia spękanych szkielek, niszczył czasami w sposób radykalny pierwotny rysunek i kompozycję witraża czyniąc go nieczytelnym. Praktykowano także wymianę zniszczonych lub uzupełnianie wybitych szyb witraża przez wstawianie szkła bezbarwnego.

Niewłaściwe przechowywanie witraży. Znany jest fakt lepszego stanu zachowania witraży przechowywanych w muzeach niż znajdujących się w kościołach, do których były pierwotnie sporządzone.

3. S. Fitz, E. Fitz-Urlich, G. Frenzel, R. Krüger, H. Kühn, op. cit.
4. E. Frodl-Kraft, *Untersuchungen und praktische Erfahrungen in*

der Konservierung mittelalterlichen Glasgemälde, „Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege” 1973, nr 1-2, s. 58.

Namacalnych dowodów wpływu przechowywania na stan witraży dostarczyła jednak dopiero II wojna światowa, kiedy to witraże umieszczano w schronach w obawie przed zniszczeniami w wyniku bombardowań. Tak było w przypadku np. witraży z katedry w Canterbury czy Historisches Museum w Wiedniu. Na witrażach angielskich mimo przechowywania ich zgodnie z instrukcją Central Council for the Churches z 1940 r. w skrzyniach drewnianych i obłożonych słomą oraz wiórami drewna, po 6 latach wystąpiły odłuszczenia farb, a na szkłe kraterki (w ilości 50-100 na 1 cm kw.) wyczuwalne dotykem⁵. Badania przeprowadzone przez Pilgrim Trust przy York Glaziers Trust wykazały szereg podstawowych przyczyn takiego złego stanu zachowania. Między innymi wióry drzewne z angielskiego dębu charakteryzowały się znaczną kwasowością (pH 3,3-3,9) działając przyspieszająco na powstawanie korozji. Szkło witraży wykazywało znaczną zasadowość, co znacznie ułatwiało atakowanie go przez kwasy. Również miejsce przechowywania było zbyt wilgotne⁶.

Przyczyny niszczenia konturówki i laserunków na witrażach. Najczęstszym objawem tych zniszczeń jest łuszczenie się i odpadanie farb. Równocześnie możemy się spotkać z przykładami, w których dobrze wypalone farby konturówki zachowały się lepiej niż samo szkło witraża, a nawet spełniały rolę ochronną wobec niego. W takich wypadkach szkło było zwiertzałe na głębokości np. 1-2 mm, podczas gdy farby zachowały się poprawnie i występowały w formie wypukłego refielu.

Na ogół dostrzega się dwie zasadnicze przyczyny niszczenia warstwy malarskiej witraży. Pierwszą łączy się ściśle z procesami wietrzenia szkła, głównie w wyniku działań atmosferycznych, drugą z błędami technicznego sporządzenia, tj. w niewłaściwym składzie farb i ich słabym połączeniu (stopieniu) ze szkłem, np. z powodu zbyt niskiej temperatury wpału. Najprostszym przykładem tego może być stapianie konturówki (na ogół w temperaturze około 600°C) ze szkłem, którego punkt mięknięcia leży zbyt wysoko, aby mogło dojść do właściwego połączenia. Oczywiście przyczyn, w wyniku których farby różnie się zachowują i ulegają niszczeniu na witrażach jest więcej. Między innymi różny współczynnik rozszerzalności szkła i farb wywołuje powstawanie początkowo delikatnych spękań, a następnie złuszczeń. Porównując jednak zjawisko niszczenia konturówki i laserunków na witrażach stwierdzić można szybszy przebieg tych procesów na laserunkach i na ogół gorszy ich stan zachowania.

Przyczyny niszczenia listew ołowianych. Fakt zachowania niezbyt dużej ilości autentycznych listew ołowianych w starych witrażach wynika z metody stosowanej w dawnych naprawach, polegającej na wymianie osłabionych lub złamanych listew nowymi. Dla zabezpieczenia uszkodzonych szyb praktykowano umieszczanie ich w nowych, dodatkowych dwuteownikach ołowianych (tzw. awaryjnych). Takie

zabiegi były konsekwencją faktu, że ponowne użycie starych listew ołowianych było prawie niemożliwe, bo spełniały one tak długo swoją funkcję, dopóki dobrze łączyły szkła.

Bezpośrednimi czynnikami niszczenia opraw ołowianych są wady technologiczne oraz naprężenia mechaniczne, w tym przede wszystkim działania wiatru. Listwy są względnie odporne na działanie czynników atmosferycznych, jakkolwiek na skutek ich działania powstaje m.in. zasadowy węglan ołowiu, splukiwany przez wodę deszczową. Ołów jest wszakże wrażliwy na kwasy organiczne powstające w czasie rozkładu materiałów organicznych lub używane w dawnych naprawach. Okazuje się jednak, że stare listwy ołowiane są z reguły stabilniejsze od później wprowadzanych w czasie napraw. Tłumaczyć to można lepszym składem stopu metalu i odpowiedniejszym kształtem profili.

Zabiegi profilaktyczne

Z punktu widzenia możliwości jak najdłuższego zachowania witraży, proponuje się czasami ich przeniesienie do muzeum, a na ich dotychczasowe miejsce wstawienie kopii. Za takim postępowaniem przemawia lepszy stan zachowania witraży przeniesionych do muzeów na początku XX w. niż pozostawionych w kościołach. Przeciw przenoszeniu witraży przemawia przede wszystkim świadomość „wyrwania” ich z otoczenia, dla którego zostały stworzone i były eksponowane. Podejmowanych jest zatem szereg innych prób ochrony witraży przed ich dalszym niszczeniem, a przynajmniej powodujących jego spowolnienie.

Ważnym zabiegiem profilaktycznym jest wstrzymanie lub ograniczenie dostępu wody, która — jak wspomniano — ma podstawowe znaczenie w procesie niszczenia, czy to w formie deszczu (z zewnątrz), czy wody kondensacyjnej (wewnątrz budynku). Dokonuje się tego poprzez izolowanie powierzchni witraży od działania wilgoci. Próby obniżenia wilgoci przy użyciu środków chemicznych, jak np. żelu krzemionkowego, który absorbuje nadmiar wilgoci z powietrza, w praktyce natrafia na duże trudności. Tworzywo wchłaniające wilgoć szybko nasycza się i wymaga zbyt częstego odnawiania. Fizyczne metody obniżenia wilgotności bazują na wprowadzeniu ciepłego i suchego powietrza. Ale i one również mają ograniczone możliwości, m.in. z powodu potrzeby użycia wielkich urządzeń do nawiewu⁷.

Zabiegi nad stworzeniem *in situ Quasimuseal* prowadzone są od dziesiątków lat. Generalnie sprowadziły się one do wprowadzenia ochrony ze szkła dla zabytkowych witraży. Początki tego typu działań sięgają XVIII w. w Anglii. Wczesnym przykładem są okna w Byram Hall w Yorkshire, a na kontynencie w kościele wiejskim w Lindena (Marchia Brandenburska), wykonane przez firmę Oidtmann w r. 1897⁸. Dzisiaj próby takie są podejmowane w Niemczech,

5. *Konservierungsprinzipien bei mittelalterlichen Buntglasfenstern*, „CVMA Rundbrief” 1976, nr 21, s. 5-6 oraz *Test zu den Bedingungen der Buntglasauslagerung während Kriegszeit*, „CVMA Rundbrief” 1973, nr 16, s. 15-16.

6. *Test...*

7. *Probleme der Beheizung des Luftzwischenraumes von Aussen-schutzverglasungen*, „CVMA Rundbrief” 1974, nr 8.

8. *Konservierungsprinzipien...*

Holandii, Szwecji, Włoszech, Austrii i Anglii. W miarę prowadzonych prób i doświadczeń stwierdza się, że rozwiązania optymalne zabiegów profilaktycznych ochrony witraży nie jest już utopią. Ochrona witraży przez tzw. oszklenie zewnętrzne czy też izotermiczne spełnia wiele postulatów. Tak np. z punktu widzenia właściwości fizycznych zarówno tworzywo chroniące, jak i chroniony witraż zachowują się podobnie, zaś odporność chemiczna na czynniki niszczące jest lepsza niż zabytku.

Ochronne „oszklenie zewnętrzne” uchodzi do chwili obecnej za najskuteczniejszy zabieg profilaktyczny w stosunku do zabytkowych witraży. Polega on na izolacji witraży od zewnętrznych czynników niszczących przez zewnętrzne oszklenie, ewentualnie założenie drugiego okna. Druga zasadnicza funkcja ochronnego oszklenia zewnętrznego witraży polega na obniżeniu wahań wilgoci i temperatury. Przestrzeń między obiema płaszczyznami szkła (witraża i tafli ochronnej) nie jest całkowicie zamknięta (opieczonowana), dzięki czemu może odbywać się wentylacja (wewnętrzne wietrzenie). Odpowiednia cyrkulacja powietrza i fakt istnienia poduszki powietrznej w przestrzeni między oknami uniemożliwia nagromadzenie się wilgoci i skutki imicji (tj. stężenia zanieczyszczeń) są minimalne. Zatem ochronne oszklenie zewnętrzne stwarza witrażowi zabytkowemu warunki bliższe panującym w muzeach przez osłonięcie od szkodliwych warunków zewnętrznych oraz daje lepsze warunki klimatyczne.

Praktykowane oszklenia izotermiczne mają za cel uzyskanie jednakowych warunków temperaturowych z każdej strony witraża lub przynajmniej w przestrzeni między zabytkiem a osłoną zewnętrzną, cieplejszą niż zewnętrzne otoczenie. Przeprowadza się taki zabieg np. dzięki umieszczeniu rury grzejnej w desce parapetowej, ewentualnie przy pomocy sztucznej wentylacji. Funkcjonowanie izotermicznego systemu oszklenia zależy od istnienia dobrego przebiegu ciepłego powietrza w taki sposób, aby witraż był stale suchy⁹.

Rozwiązań konstrukcyjnych jest wiele, ale dwa są dominujące. Pierwszy polega na przesunięciu witraża z jego pierwotnego usadowienia w kamiennych wrębach czy wpustach w głąb wnętrza kościoła o 5-10 cm i na jego miejscu wprowadzenie hermetycznie umocowanego (nie przepuszczającego powietrza) oszklenia ochronnego¹⁰. Do oszklenia używa się zwykłego współczesnego szkła lub różne jego odmiany, jak „Sigla” z międzywarstwą z „Plexigum”, „Thermogenglas”, „Polyglas” i inne. Czasami dla ochrony przed wpływami atmosferycznymi używane są szyby „podwójnego oszklenia” (*Doppelverglasung, double glazing*) z przestrzenią między szybami (około 1 cm), rozmyślnie na stałe zalakowaną i wypełnioną powietrzem uboższym w szkodliwe substancje niż powietrze wewnątrz kościoła. Omawiane szkło może składać się np. z 6 mm szyby zewnętrznej z pleksiglasu, 9,5 mm poduszki powietrznej i szyby „Lexon” o grubości 3 mm, absorbującej światło ultrafioletowe.

Brzegi zapieczetowuje się silikonem. Całość ma około 90 mm grubości i ustawiana jest przed zewnętrzną stroną witraża. Używane też bywają szklone na ołów szyby krążkowe lub prostokątne, czy o kształcie trapezu, na ogół grubości 3 mm. Pojedyncze pola nie mogą być zbyt małe, aby nie wywołały wrażenia niepokoju ani też negatywnych wrażeń estetycznych przy gładkich szybach.

Ochronne oszklenie dostosowane musi być odpowiednio do konturów, pokrywając się z podstawowym podziałem witraża zabytkowego. Wentylacja przestrzeni między oknami działa za pomocą otworów zapewniających napływ powietrza u góry i dołu okna. Do takiej konstrukcji dochodzą czasami otwory w dwuteowniku, aby umożliwić wystarczającą wymianę powietrza. W wewnętrznej stronie szkła ochronnego zostają dolutowane ołowiane poprzeczki (średniki), aby oba okna utrzymywały określony dystans między sobą. Odstęp powinien być możliwie nie za duży, 15-20 mm, ale nie mniejszy niż 6 mm¹¹.

Drugi wariant polega na pozostawieniu zabytkowego witraża na dawnym miejscu, w pierwotnych wpustach, ale dość znacznie poszerzonych i pogłębionych (np. z 16 do 32 mm), aby powietrze dobrze cyrkulowało. Natomiast szkło ochronne wysunięte zostaje na zewnątrz. Badania dotychczasowe wykazują, że przy takiej konstrukcji o wiele częściej występuje kondensacja wilgoci niż przy systemie wewnętrznego wietrzenia.

Ogólnie stwierdza się pozytywne działanie ochronne oszklenia zewnętrznego. Witraż chroniony jest przed bezpośrednim działaniem szkodliwych wpływów atmosferycznych, a także przed mechanicznymi uszkodzeniami z zewnątrz. Główną zaletą takiego rozwiązania jest fakt, że sama substancja zabytkowa pozostaje nienaruszona i cały zabieg jest absolutnie odwracalny, bez ryzyka dla obiektu.

Wadą ochronnego oszklenia zewnętrznego jest występowanie efektu odbicia lustrzanego, naruszającego wygląd zewnętrzny architektury, który należy zredukować do minimum. Jednym ze sposobów jest wprowadzenie parasola dyfuzyjnego między szkłem witraża, a szkłem ochronnym. Inną wadą tego systemu ochrony może być dostawanie się w czasie wentylacji do przestrzeni między szybami zabrudzeń z wnętrza kościoła (np. kopeć świec). Na to też jest sposób, gdyż przy odpowiednim odśrubowaniu nakrętek można względnie łatwo odejmować okno do czyszczenia. Czasami możliwe jest także powstawanie dość wysokich temperatur w przestrzeni między oboma oknami, stąd duże znaczenie ma właściwe wybranie odstępu między oknami w fazie projektowania.

Wiedza o ochronnym oszkleniu zewnętrznym zabytkowych witraży jest głównie empiryczna, brak jest jeszcze niektórych testów z osiągniętych efektów profilaktycznych w okresach dłuższych. Brak też odpowiedzi na pytania, jakie zmiany następują w mikroklimacie wokół witraża, jak regulować wilgotność, wentylację i wyrównanie temperatury, a tym samym brak wytycznych do optymalizacji konstrukcji.

9. *Isothermische Verglasung*, „CVMA Rundbrief” 1974, nr 7, s. 5-11.

10. G. Frenzel, op. cit.; *Konservierungsprinzipien...*

11. P. Gibson, *Aussenschutzverglasung und Restaurierung historischer*

cher Glasfenster in York, England (w:) *Glaskonservierung. Historische Glasfenster und ihre Erhaltung*, Arbeitshefte 32 des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, München 1985, s. 71-73.

Zabiegi konserwatorskie

Każdy witraż wymaga indywidualnych zabiegów konserwatorskich. Wynika to m.in. z tego, że w ramach jednego pola witraża wystąpić mogą różne rodzaje korozji. Z reguły w konserwacji witraży stosuje się trzy zabiegi: ostrożne czyszczenie, wzmacnianie konturówki i innych farb oraz wzmocnienie szkła. Przy każdym z zabiegów konserwatorskich wymagana jest duża ostrożność i powściągliwość działania. Głównym postulatem przy wykonywaniu tych czynności jest jak najpełniejsze zachowanie oryginału. Rekonstrukcja brakujących rysunków i malowideł witraża powinna być ograniczona do sytuacji wyjątkowych i nieodzownych. Natomiast podobnie jak przy wszystkich innych zabytkach przed podjęciem zabiegów konserwatorskich muszą być przeprowadzone dokładne badania.

Czyszczenie witraży. Zabiegi konserwatorskie rozpoczyna się z reguły od czyszczenia. Szczególna ostrożność wymagana przy tym zabiegu wynika z trudności rozróżnienia luźno spoczywającego kurzu i sypkich produktów korozji występujących na szkłe witraża. Bardzo częsta konieczność rozpoczęcia konserwacji witraży od ich czyszczenia wynika z kilku powodów. Jednym z nich jest fakt, iż z utratą przezroczystości witraż traci poważnie na swoim znaczeniu, innym, że dopiero po usunięciu zabrudzeń i nawarstwień widoczny staje się właściwy stan zachowania i że do przeprowadzenia większości zabiegów powierzchnia musi być czysta. Mimo tego, że czasami spotkać można się z poglądem jakoby warstwa produktów korozji występująca na witrażu spełniała rolę ochronną przeciw dalszemu wietrzeniu, porowata skorupa nawarstwień bezspornie daje schronienie wilgoci, roztworom alkalicznym, a nawet mikroorganizmom. Tym samym napewno przyczynia się do dalszego niszczenia witraży.

W zależności od istniejącego stanu zachowania powierzchni, podejmowane działania czyszczenia będą różne. Każdy proces czyszczenia zawiera w sobie pewne niebezpieczeństwo dla zabytkowych witraży, niezależnie od użytej do tego celu metody. Zarówno czyszczenie na mokro, jak i na sucho, chemicznie czy mechanicznie, powodując sztuczne odsłonięcie powierzchni zabytku otwiera drogę nowym czynnikom niszczącym, czasami bardziej agresywnym. Równocześnie, zarówno czyszczenie chemiczne na mokro, jak i mechaniczne na sucho niesie z sobą niebezpieczeństwo częściowego zniszczenia lub całkowitej utraty laserunków występujących na witrażach. Powodem tego jest najczęściej brak odróżnienia laserunków od warstwy zwietrzałej, zwłaszcza wówczas, gdy jest ona już częściowo dotknięta procesami korozji. Ratunkiem w takiej sytuacji jest jedynie staranne obserwowanie powierzchni witraża przy pomocy lupy lub stereoskopu w czasie zabiegu.

Wybór środków czyszczenia zależeć powinien w dużym stopniu od rodzaju i rozmiarów zwietrzenia, od stanu zachowania szkła, a w końcu od doświadczenia i zamiłowań konserwatora. Gruntowność czyszczenia witraża zależy od dalszych zabiegów. Natomiast o zastosowaniu środków i metod decydować powinien stopień ich potencjalnej szkodliwości.

Obecnie stosuje się dość często drogę pośrednią czyszczenia, polegającą na częściowym ścienieniu grubości warstw korozji, dzięki czemu osiąga się częściowe przywrócenie przezroczystości. Równocześnie aktualna jest zasada ograniczenia do minimum interwencji konserwatora w zabytkowy witraż. Tak więc całkowite usunięcie produktów korozji z witraża następować powinno wówczas, gdy możliwe jest zapewnienie jego ochrony na dłuższy czas. Do poważnych i nieodwracalnych ingerencji w substancję witraży zalicza się zeszlifowanie i wytrawienie zwietrzałych warstw. Mimo licznych ostrzeżeń przed tymi praktykami, są one stosowane, i to nawet w wybitnych ośrodkach.

Czyszczenie na sucho. Do mechanicznego usuwania produktów korozji z witraży używane są m.in. pędzle, często z włókien szklanych, i skalpele. Całkowite usunięcie tych produktów z wgłębień, kraterków i spękań powierzchni szkła bez narażenia go na uszkodzenia jest bardzo trudne. Należy przynajmniej nie stosować zbytniego nacisku (siły) przy tej pracy. Do czyszczenia z nawarstwień stosuje się także metodę mikropiaskowania. Polega ona na działaniu strumienia środka czyszczącego wyrzucanego pod wpływem ciśnienia powietrza lub azotu przez narzędzie zwane „Airbrasive” (np. typ Sorensen AG, Zurych, Modell K, użyty do witraży w Canterbury). Proszek czyszczący, potocznie nazywany „piaskiem”, może być bardzo różny, np. GEC-Elliott Automation Ltd oferuje pod numerem 3 tlenek glinu, pod numerem 8 węgiel krzemu, a pod numerem 9 sproszkowane szkło, działające gładząco, a nawet polerująco na powierzchnię szkła. Efektywność tej metody wymaga dużej ostrożności, użycia właściwego środka czyszczącego oraz zastosowania odpowiedniego ciśnienia, a także pewności co do dobrego trzymania się farb na szybie.

Nie znalazło dotąd większego zastosowania do czyszczenia witraży użycie ultradźwięków, czy też promieni lasera. Próby z laserem podejmowali m.in. prof. O. S. Heavens z Uniwersytetu w York, a także dr John F. Asmus w Uniwersytecie California (San Diego). Jakkolwiek od lat witraże są czyszczone, czemu towarzyszy częściowe lub całkowite usuwanie produktów korozji, wiedza o następstwach tych zabiegów jest bardzo skromna. Wiadomo jest, że czyszczenie witraży wyłącznie środkami mechanicznymi na sucho, lub za pomocą nawilżania wodą destylowaną, ma wpływ na późniejsze zachowanie się szkła. Inaczej przedstawiać się może sytuacja, gdy zamiast czystej wody użyte zostały środki chemiczne. Generalnie preferować należy czyszczenie na sucho, gdyż każde oddziaływanie wilgoci może być sprawcą nowych szkód.

Czyszczenie na mokro. Użycie wody destylowanej często ułatwia rozpuszczanie produktów wietrzenia. Lekkie nawilżenie witraża czystą wodą w zasadzie nie jest szkodliwe. Natomiast z ich kąpielą należy być ostrożnym. Przede wszystkim wewnętrzna strona witraża nie może być wystawiona na dłuższe działanie cieczy. Równocześnie pamiętać należy, że każde czyszczenie na mokro koniecznie wymaga starannego suszenia.

Dozwolone jest ostrożne użycie do mycia deter-

gentów (np. „Lissapolu N” — eteru alkilofenylo poliglikolowego, prod. ICI) lub 5% amoniaku w wodzie¹². Można też do ciepłej wody dodać parę kropel salmiaku (chlorek amonu). Stosowanie rozpuszczalników organicznych należy ograniczyć do czasu pełniejszego wyjaśnienia niszczenia przez nie warstwy żelu na witrażach. Używanie środków chemiczne do usuwania produktów korozji z powierzchni szkła działają z reguły jako czynnik kompleksotwórczy, jako środek alkaliczny lub kwas.

Średniowieczne witraże ze szkła potasowo-wapniowego wykazują dużą wrażliwość na kwasy i roztwory alkaliczne (jak soda, ługi, amoniak). Kwasy i ługi przede wszystkim rozpuszczają warstwę zwietrzenia, która nie jest całkiem jednorodna, i po jej usunięciu uwidacznia się reliefowa struktura szkła. Wielu konserwatorów uważa wręcz za niedopuszczalne stosowanie kwasów do omawianego celu.

Do usuwania warstw produktów korozji zawierających gips używa się ostatnio kompleksy i odczynniki Bettembourga. Wiąże się jednak z nimi niebezpieczeństwo zaatakowania szkła oraz trudności całkowitego usunięcia odczynnika trudnego do analitycznego wykrycia.

J. M. Bettembourg (pracownik naukowy Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, Chateau de Champs-sur-Marne) sam ujawnił, że do czyszczenia średniowiecznych witraży używał 10% roztworu tiosiarczanu sodowego i 5% dwufosforanu sodowego (stosowany na kompresach bawełnianych działa powoli i nie nadaje się dla powierzchni szkła z wżerami). Z innych środków używał J. M. Bettembourg roztworu 30 g „Kompleksonu III” i 30 g wodorowęglanu amonowego w jednym litrze wody, czy też zamiast „Kompleksonu III” kwasu wersenowego¹³. Natomiast W. Müller, E. Drachenberg¹⁴ i H. Pouillon proponują używanie 25% roztworu wodorotlenku hydrazyнового usuwającego nawarstwienia tzw. Wettersteinu, który w reakcji z III-wartościowym wodorotlenkiem żelazowym zmienia go w II-wartościowy wodorotlenek żelazawy, zaś wodorotlenek manganu (III) w wodorotlenek manganowy (II)¹⁵. Według J. Wielanda¹⁶ do usuwania warstw produktów korozji zawierających gips używać można nasyconego roztworu siarczanu amonowego w zimnej wodzie destylowanej. Zabieg wykonuje się w ten sposób, że na odpowiednio docięte i nałożone sztuki masy celulozowej wprowadza się za pomocą pipety siarczan amonowy. Następnie nakrywa się go folią, np. polietylenową, dla utrudnienia wyparowywania wody. W zależności od rodzaju warstwy produktów korozji, jest ona rozpuszczana lub zmięczana w ciągu 2 do 15 godzin. Po osiągnięciu odpowiedniej przezroczystości witraża, tampony z masy celulozowej są usuwane. Dla sprawdzenia, czy występują jeszcze siarczany, szkło topuje się tamponami z wodą

destylowaną i bada ciecz. Resztki wody usuwa się z witraża tamponami z alkoholem. Jeśli w stanie suchym szkło witraża nie wykazuje dostatecznej przezroczystości, zabieg czyszczenia można powtórzyć.

Sklejanie spekań. Dawniej złamania szkielek witraża próbowano łączyć listwami ołowiu (dwuteówką). Te dodatkowe listwy niszczyły w dużym stopniu pierwotny jego wygląd. Stożące dziś do dyspozycji konserwatorów spoiwa syntetyczne pozwalają na sklejenie szkielek w sposób prawie niewidoczny. Używa się do tego celu m.in. polimetakrylanu metylu. Trwałość spoiny uzależniona jest od temperatury, w której odbywa się klejenie. Najlepsze wyniki osiąga się według W. Domasłowskiego, E. Kwiatkowskiego i L. Torwirta¹⁷ w temperaturze 225-235°C.

Częściej do sklejanego używana jest żywica epoksydowa, jak „Araldit” (np. CY 212 z utwardzaczem HY 956), „Epidian 5”, czy „Epoxydharzkleber EP 11”. Ten ostatni przynosi się na obie czyste części szkła złamane i przy temperaturze 60-70°C zostawia się do związania, które następuje w czasie 2 godzin. W temperaturze pokojowej utwardzenie następuje w czasie 4 godzin. Miejsca sklejeń są lekko żółte, co w przypadku barwionego szkła jest mało widoczne. Według J. M. Bettembourga¹⁸, lepszym spoiwem od epoksydowego jest żywica silikonowa, np. „CAF 3” (prod. Rhone—Poulenc), czy „Beriglace” (prod. Soc. Bericol, Lion). Zabieg przeprowadza się następująco: oczyszczone acetonem miejsca złamań powleka się cienką warstwą spoiwa i obnażone brzegi pozostawia się na około 15 minut na powietrzu, nim zostaną połączone pod lekkim naciskiem. Związanie połączeń następuje po około 2 godzinach. Nadmiar spoiwa usuwa się nożem i alkoholem, nim nastąpi całkowite utwardzenie. Na uwagę zasługuje także cyjanoacrylan jako spoiwo sklejanego witraży, m.in. z powodu bliskiego szkła współczynnika załamania światła.

Kity. Do uzupełniania ubytków szkła używa się odpowiednio barwionej masy np. z kauczuku naturalnego czy sztucznego, ewentualnie też mas silikonowych, jak: „Rhogorsil 3 B” (prod. Rhone-Poulenc), „Seurasil” (prod. Societe Vetter i Fils, Villeurbanne), czy „Siligutt” (prod. Societe Guttatena-Séres, Courbevoie).

Dublowanie. Zabieg, nazywany czasami platerowaniem jest wzmocnieniem rozbitego czy bardzo osłabionego szkła witrażowego przez cienkie (1-1,5 mm) przezroczyste szkło współczesne z jednej lub dwóch jego stron, docięte do konturów listew ołowionych. Dublowanie jest prawie idealną metodą ochrony zarówno szkła, jak i konturówki witraży, pod warunkiem jednak, że brzegi szkła nakrywkowego ściśle przylegają do witraża, tak że nie pozwalają na dostawanie się wilgoci między nie i szczelnie chronią od niszczących czynników atmosferycznych. Dobrze też stabilizują łamliwe lub roztrzaskane szkło witraży zabytkowych. Wadą dublowania jest zwiększenie cię-

12. J. Lowe, *Die Konservierung von Buntglas, Stockholmer Kongress IIC 1975*, „CVMA Rundbrief” 1975, nr 15, s. 24.

13. H. Kühn, *Erhaltung und Pflege von Kunstwerken und Antiquitäten*, t. II, München 1981, s. 259.

14. E. Drachenberg, W. Müller, *Bemerkungen zu einzelnen schwierigkeiten bei modernen wiederherstellungsverfahren mittelalterlicher Glasmalerei*, „CV Newsletter” 1986, nr 39-40, s. 18-23.

15. W. Müller, *Versuche zur Wiederaufhellung stark gedunkelter*

Gläser (w:) *Glaskonservierung...*, op. cit., s. 80-81.

16. J. Wieland, *Entfernung Gipshaltiger Korrosionsschichten auf mittelalterlichen Bleiverglasungen mittels Ammoniumsulfat*, „Neue Museumskunde” 1985, nr 3, s. 209-210.

17. W. Domasłowski, E. Kwiatkowski, L. Torwirt, *Problemy konserwacji witraży*, „Teka Konserwatorska” 1956, nr 3.

18. J.M. Bettembourg, J.J. Bunck (rec.), *Restauration des vitraux anciens*, „CVMA Rundbrief” 1975, nr 13.

żaru witraża, odbicie lustrzane od zewnątrz, ograniczona odwracalność oraz czasami żółknięcie spoiwa.

Dublowanie witraży może być z jedno lub dwustronnie nałożonych szkielek nakrywkowych. Połamane szkło witraży może być naniesione jako rodzaj mozaiki na szkło nakrywkowe. „Mozaika” ta naniesiona może być „luźno” na sucho i zamocowana za pomocą np. dodatkowych uchwytów ołowianych lub na „mocno” — sklejona rozpuszczalną folią z tworzyw sztucznych czy spoiwem, np. silikonowym „Bealastriem” (prod. Expandite Ltd.) lub „Arbosealem” (prod. Adthead Ratcliffe Belper), czy np. „Aralditem”. Wyróżnić można dwa rodzaje dublowania: „bezwarstwowe” lub „z międzywarstwą”. Pierwszy wariant polega na tym, że witraż zabytkowy znajduje się „zapieczętowany” między dwiema dokładnie przylegającymi do niego szybami nakrywkowymi. Drugi wariant dublowania, z międzywarstwą, jest konsekwencją faktu, że stare szkła witraży, mające powierzchnię często nierówną, utrudniają ściśle przyleganie szkielek nakrywkowych. Dla wypełnienia przestrzeni między szybami i dla dobrego połączenia, stosuje się folie tworzywa sztucznego, które przy ogrzaniu roztapiają się i łączą. Używano też mieszaniny spudrowanych polimerów i plastyfikatorów, które po stąpieniu tworzyły tzw. międzywarstwę. Taka warstwa powstała np. z metakrylanu metylu i plastyfikatora estrów kwasu ftalowego (prod. Vesthol Chem. Werke Hüls, rozpuszczony w chlorku metylu) w octanie etylu.

Podejmowane są także próby wyginania szyb nakrywkowych, które muszą dokładnie odpowiadać nierównościom szkła zabytkowego witraży, tak aby dokładnie do siebie mogły przylegać. Dochodzą do tego przez sporządzanie formy negatywowej gipsowo-szatowej (ten ostatni przepalony i zmielony), a następnie wykonywano pozytyw ze szkła nakrywkowego (grubości około 1,3 mm) wypalając go w piecu w temperaturze około 720°C.

Wzmacnianie (impregnacja) szkła witraży. Jednym ze sposobów wzmacniania jest powtórne spiekanie szkła (m.in. dla likwidacji mikrorys) lub glazurowanie łatwo topliwym szklivem. Warstwę bezbarwnego szkliva, którą natryśnięto na osłabione miejsca witraża, wypala się w tzw. wypalaniu płomieniowym, co podnosi trwałość szkła¹⁹. Inny sposób polega na powlekanii miejsc wymagających wzmocnienia roztworem mydła metalicznego w oleju i terpentynie, a po wyschnięciu poddawaniu tych miejsc wypalaniu w temperaturze około 250°C w atmosferze utleniającej²⁰.

W konserwacji witraży średniowiecznych praktykowano ponowne ogrzewanie szkła do temperatury 500-600°C. Na przykład w 1919 r. 60 pól witraża z kościoła St. Lorenza w Norymberdze ogrzano do około 400°C, tamże w 1938 r. ogrzano 90 pól bez szkód dla zabytku²¹. Jest to jednak zabieg wymagający dużej ostrożności i precyzji, gdyż uszkodzenia nastąpić mogą nawet przy umiarkowanym ogrzaniu.

Obecnie często przeprowadza się wzmacnianie przy użyciu żywic sztucznych, które powinny mieć właściwości antykorozyjne, dobrą rozcieńczalność w rozpuszczalnikach, łatwość stosowania przy pomocy pędzla oraz powinny zapewnić odwracalność działań. Przeważnie stosuje się rozcieńczone żywice epoksydowe np. „Araldit” (AY 103 z utwardzaczem HY 951). Ważne powody przemawiają przeciw tej grupie żywic; wykazują one mniejsze lub większe żółknięcie, nienaturalny połysk, brak rozpuszczalności po zaschnięciu (dają się tylko w ograniczonym zakresie rozmiękczać). Do zalet należy ich wysoka przyczepność.

Zywice akrylowe stanowią drugą grupę spoiw używanych do omawianego celu, są to np. „Paraloid B 72” czy „Plexigum 80”, jednoskładnikowe, rozpuszczalne w ograniczonych rozpuszczalnikach jak toluen i ksylen. Ich siła klejenia jest niższa niż żywic epoksydowych, ale w czystym stanie nie żółkną i są odwracalne.

W dalszej kolejności wymienić należy spoiwa cyjanoakrylowe o znacznej bezbarwności, krótkim czasie wiązania i szybkim utwardzaniu, a także dobrej odporności na zanieczyszczenia atmosferyczne, np. „Cyanolit 201” i „Cyanolit 202” (prod. Minnesota Mining Products), używane w roztworze 5-20%²².

Wzmacnianie konturówki. W tym zabiegu mamy do czynienia z koniecznością zachowania zasadniczej farby witraża, która spełnia funkcję rysunku. Jej zniszczenie jest nie tylko wynikiem wietrzenia, ale czasami i wad wykonawczych, jak np. zbyt małej ilości spoiwa czy niedostatecznego wypału. Utrwalenie konturówki jest poważnym zadaniem dla konserwatora witraży. Bez konturówki witraż traci na czytelności, wyglądzie i sile wyrazu. Z tych też powodów konserwator zajmuje się jej zachowaniem w ramach zabiegu dublowania, impregnacji, uzupełniania i powlekania warstwą ochronną.

Uzupełnianie szkła i konturówki w witrażu. Te czynności muszą się odbywać tylko w uzasadnionych wypadkach, z całkowitym poszanowaniem dla substancji zabytkowej oraz w taki sposób, aby możliwe było odróżnienie partii autentycznych od uzupełnionych. Dotyczy to zarówno konturówki na witrażu, która powinna być uzupełniona z dużą powściągliwością i tylko tam, gdzie jest to nieodzowne, jak i warstwy malarskiej (m.in. laserunków) oraz samego szkła.

Retusze wykonywane być muszą za pomocą farb naszkliwnych (co wymaga jednak pewnej temperatury) lub na zimno, tj. farbami olejnymi czy syntetycznymi. Dość często zachodzi też konieczność uzupełniania brakujących szyb (np. wybitych) lub znacznie rzadziej ich wymiany, gdy wprowadzone zostały w czasie dawniejszych, niewłaściwych napraw i wyraźnie różnią się od oryginalnych. Warto podkreślić, że uzupełnianie szkła niekoniecznie musi za wszelką cenę naśladować pierwotny wygląd. Mogą to być

19. Ch. Schmidt, *Zur Restaurierung der Glasmalerei in Mühlhausen*, „Denkmalpflege in der DDR” 1975, nr 2, s. 47-51.

20. S. Trumpler, *Glasmalereikonserverung. Ein Ausbildungsprojekt* (w.): F. Schweizer, V. Villiger, *Methoden zur Erhaltung von Kulturgütern*, Bern 1989, s. 117-124.

21. *Erbitzung vom mittelalterlichen Buntglas*, „CVMA Rundbrief” 1975, nr 12, s. 9-10.

22. J.C. Ferrazzini, *Vorteile und Technik der Anwendung von Cyanoacrylat-Monomer-Klebstoffen zur Sicherung der Malerei von Glasgemälden*, „Glastechnische Berichte” 1976, nr 11, s. 264-268.

szkła odpowiednio dostosowane do ich otoczenia. Istotne jest uzupełnienie ubytków oszklenia, stworzenie optycznej jedności i zbliżenie w odbiorze i nastroju do oryginału. Podobnie jak w uzupełnianiu i w rekonstrukcji innych dzieł sztuki, tak i w witrażach konieczny jest szacunek dla autentyku, rzetelność zawodowa i historyczna, wiedza i wyczucie ze strony wykonawcy.

Naprawa oprav ołowiowych. W witrażach ulega uszkodzeniu i niszczeniu nie tylko szkło i warstwa farb, ale także listwy ołowiowe łączące poszczególne szkła. Wykazują one z czasem z różnych przyczyn łamliwość, niestabilność i osłabienie. Objawy te oznaczają konieczność podjęcia pewnych zabiegów konserwatorskich. Często, zwłaszcza dawniej, było to powodem do wymiany starych, autentycznych listew ołowiowych (dwuteowników) na nowe. Okazywało się jednak, iż listwy pochodzące z czasów średniowiecza są niejednokrotnie w lepszym stanie od później wykonanych (prawdopodobnie dzięki pewnej zawartości cyny) i celowość wymiany jest problematyczna. Dokładniejsze badania pozwoliły na stwierdzenie, że rzadko występują w średniowiecznych listwach poważne skorodowania, i że można przeprowadzać ich miejscowe naprawy. Nastąpiło więc powstrzymanie tendencji do wymieniać listew ołowiowych na nowe. Coraz częściej zatem były one odpiłowywane tylko w miejscach silnego zniszczenia, a nowe części przylutowywane cyną w punktach przecięcia. Występujące uszkodzenia przy brzegach muru (krawędziach zewnętrznych) również były wzmacniane przez nadlutowanie. Złamania czy inne zniszczenia listew łączono za pomocą dodatkowego dolutowywania.

Powłoki ochronne na witrażach. Stwierdzenie na szeregu przykładach faktu, że oczyszczone powierzchnie witraży szybko ulegają ponownemu powleczeniu produktami korozji, dało impuls do różnych eksperymentów nad powłokami ochronnymi. Głównym i jak najbardziej słusznym założeniem było stworzenie bariery izolacyjnej między powierzchnią witraża, a wodą w jej różnych postaciach. W związku z tym prowadziło się badania, doświadczenia i dyskusje nad różnymi powłokami ochronnymi.

Według dzisiejszego stanu wiedzy, żaden z testowanych środków nie jest idealny. Od materiałów mających spełniać funkcję powłoki ochronnej wymaga się, aby były trwałe, bezbarwne, odporne na czynniki biologiczne, atmosferyczne i starzenie, na zmiany temperatur, żeby miały dobrą przyczepność, nieprzepuszczalność, odwracalność i małą zdolność pęcznienia pod wpływem wody. W wielu wypadkach stwierdzono, że witraże pokryte powłoką ochronną ulegają większemu zniszczeniu niż nie powleczone. Przykładowe badania S. Fitz, H. Kühna i innych²³ wykazują, że powłoki ochronne w atmosferze zawierającej dwutlenek siarki przyspieszają korozję zamiast ją hamować. Ma to oczywiście miejsce wówczas, gdy istnieje nawet minimalne uszkodzenie lub ubytek w powłoce i dwutlenek siarki dostaje się w przestrzeń między powłoką a szkłem, tworząc swoisty mikroklimat.

Poszukiwanie odpowiedniej powłoki ochronnej

sprowadza się w dużym stopniu do szukania jej wśród tworzyw sztucznych. Żadne jednak z dzisiejszych tworzyw sztucznych nie wykazują cech idealnych dla omawianego celu. Odporność na starzenie oszacowywana jest do 20-30 lat. Wiemy o znacznych różnicach temperatur średniowiecznych okien znajdujących się na północnej stronie budynku i południowej, między dniem, a nocą. Według niektórych badaczy dochodzą one do 70°C²⁴. Poważne problemy sprawiają różnice w rozszerzalności cieplnej, powodujące mechaniczne napięcia. Żywice sztuczne mają większą rozszerzalność cieplną niż szkło (np. polimery krzemooorganiczne 200-400 x 10⁻⁶ cm/°C, żywica epoksydowa 45-90, a szkło okienne średnio 8-15 x 10⁻⁶ cm/°C. Tych kilka uwag uzmysławia, jakie warunki muszą spełniać tworzywa, które mają być użyte jako powłoki ochronne.

W tym kontekście zasługują na uwagę woski, mające lepszą odporność, ale także rozpuszczalność. Wadami wosku są wszakże ograniczona przyczepność i trudność cienkiego i równomiernego naniesienia powłoki. Stosunkowo najlepiej spełniają te warunki: z żywic epoksydowych — „Araldit AY 103” z utwardzaczem HY 956 lub XW 396 i XW 397, z polimetakrylanów butylu — „Bedakryl 122 X” (prod. ICI). W. Domastowski, E. Kwiatkowski i L. Torwirt²⁵ opatentowali zabezpieczanie witraży polimetakrylanem metylu w komorze próżniowej utwardzanym w temperaturze 225-235°C. Z żywic akrylowych używany bywa „Paraloid B 72” i „Viakryl VC 363” (obecnie SM 564, prod. Vianova), a ściślej roztwór „Viakryl” — „Desmodur” (izocyjanian i utwardzacz) rozcieńczane octanem etylu (1:1). „Viakryl”, jak wspomniano, jest produkowany przez firmę Vianova, a „Desmodur” przez Bayer, Leverkusen. We Francji rozwinięta w początkach lat siedemdziesiątych metoda powlekania „Viakrylem” średniowiecznych witraży straciła na znaczeniu po ogłoszeniu wyników badań przez J. C. Ferrazziniego²⁶. Stwierdził on m.in., że powłoki z „Viakrylu” mało nadają się do ochrony witraży, gdyż są przepuszczalne dla wody i dwutlenku siarki oraz nadają szkłu nienaturalny połysk.

Drugą grupę tworzy, którymi próbuje się chronić zabytkowe witraże, stanowią powłoki związków krzemooorganicznych. Spoiwa silikonowe są dość często używane, szczególnie od czasu, kiedy J. M. Bettembourg określił je jako najlepsze spośród stojących do dyspozycji konserwatora. Powłoki silikonowe rzeczywiście charakteryzują się dużą hydrofobowością, trwałością, odpornością na działanie czynników atmosferycznych, światła i mikroorganizmów, mają też dobrą przyczepność i odporność na zmiany temperatur. Hydrofobizację szkła można przeprowadzić zarówno w fazie gazowej, jak i ciekłej.

Nowe nadzieje wiąże się z powłokami „Ormosilu” (zwany organicznie modyfikowanym krzemianem). Składa się on z kilku komponentów, m.in. żywicy akrylowej i polimeru silikonowego. Został sporządzony dla ochrony witraży w postaci powłok przez Institut für Silikatforschung w Würzburgu. Badania laboratoryjne dały dobre wyniki.

23. S. Fitz, E. Fitz-Urlich, G. Frenzel, R. Krüger, H. Kühn, op. cit.

24. *Harze für den Glaschutz*, „CVMA Rundbrief” 1976, nr 18, s. 10-15.

25. W. Domastowski, E. Kwiatkowski, L. Torwirt, op. cit.

26. J.C. Ferrazzini, op. cit.

The conservation of stained glass windows

The article presents a number of factors destructive for stained glass windows: water, air pollution, mechanical and microbiological elements as well as inappropriate conservation in the past, symptoms of corrosion and changes in the chemical composition of the top layer.

The second part of the article describes prophylactic operations whose intention is to protect (isolate) the windows from the above mentioned detrimental factors. Finally, the author deals with conservation: cleaning, mechanical stabilization by gluing cracks, duplications and strengthening as well as the replenishment of missing glass and paint, repairs of the lead strips and the covering of the stained glass with protective coatings.

Already a superficial comparison of the state of preservation of windows which have remained in their original location (and not in museums) with earlier documentation shows rapid deterioration in recent decades. The symptoms of this process are particularly visible on medieval stained glass which is less resilient to corrosion due to its higher alkalis content and a relatively low presence of bioxide of silicon. The glass shows limited resistance to mechanical factors but none at all to chemical factors. The degradation of stained glass constitutes a corrosion during which certain components are diluted and partially change into non-transparent products of disintegration.