

# Andrzej Majdowski

---

## Zastosowanie metod iniekcyjnych w praktyce budowlano-konserwatorskiej

---

Ochrona Zabytków 36/3-4 (142-143), 237-242

---

1983

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](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

East off Lublin a new coal basin is being formed, on the territory of which there is an agricultural town of Łęczna with rich history and nearly two thousand inhabitants. Outpacing the decisions on bulding the basin, design works had been undertaken there with the aim, i.a., to prepare materials and to establish views on the past of old Łęczna. The work has been commissioned to a team of the Ateliers of Design of a Lublin Division of the Ateliers for Conservation of Cultural Property. A study of the Local Detailed Plan for the Renewal of Łęczna, worked out in 1974—1976, was based on the following initial materials:

- town-planning guide-lines specifying the size of future Łęczna for 25 or 70 thousand inhabitants,
- a historical and town-planning study and a catalogue of structures of interest to conservators,
- town-planning and historic guide-lines,
- a sociological study,
- a town-planning recording,
- a study of renewal.

Łęczna was established on a trade route linking Russian lands with Lublin district. It acquired the status of the town in 1467. A land development of the town was marked by a formation of a line of market places, the first of which is linked with the location, the second was created in the 17th cent., while the third one was laid out at the beginning of the 19th century. This period was also the time of the town's flourishing owing to fairs held at Łęczna.

A three-market architectural arrangement does not find its reflection in building, which destroyed by fires sur-

vived to present days in a very poor condition. A special attention deserve wooden entrance houses that represent a specific combination of a small town house with an inn. When drawing the programme it has been assumed that the Old Town will continue for a long time yet to play a role of the main administrative and servicing centre. It has also paid attention to an additional function, i.e. attending to tourists going via Łęczna to nearby Łęczyńsko-Włodawskie Lake District. Design works put the main emphasis on the need to protect the entire cultural environment covering a natural and cultural landscape as well as local tradition, climate and atmosphere of the town. Due to a stormy development associated with the creation of great industry and thus with the town, a preservation of all elements of tradition is the work important for this urban complex.

The main function of the Old Town is to play a role of the centre of selected general urban services, i.e. to attend to tourists and to offer walk paths for inhabitants of new districts. When proposing to give the old part of the town features of a traditional small town attempts have been made to point out its structural and functional dissimilarity.

Because of a research nature of the work, several variants have been prepared, a common feature of which is to treat the entire process of a town's formation as the process occurring in an organic way, which should be reflected in the integration of a new and old centre.

ANDRZEJ MAJDOWSKI

### ZASTOSOWANIE METOD INIEKCYJNYCH W PRAKTYCE BUDOWLANO-KONSERWATORSKIEJ

Rozwarstwienia ścian lub innych elementów konstrukcyjnych są jednym z podstawowych objawów destrukcji zabytków architektury. Najczęściej występującymi tego rodzaju uszkodzeniami są rysy, odspojenia płaszczyzn licowych, zmniejszenie spoiwości warstw muru. Zasadniczą przyczyną powstawania rozwarstwień jest naruszenie ustroju statycznego budowli, w większości wypadków powodowane przez odkształcenia lub zmiany strukturalne węzłów konstrukcyjnych, co może być wynikiem np. pogorszenia się warunków posadowienia, braku dostatecznych usztywnień przestrzennych, lokalnych przeciążeń przy ściskaniu itp.<sup>1</sup>

Rozwarstwienia konstrukcji murowych stanowią jeden z poważniejszych problemów w praktyce robót budowlano-konserwatorskich. Po usunięciu przyczyn powodujących zniszczenie (podbicie fundamentów, stężenie przestrzenne, zmniejszenie obciążeń) kontynuowanie prac budowlanych w obie-

ktę czy jego części, w której występują rozwarstwienia, uzależnione jest od przywrócenia monolityczności elementom konstrukcyjnym.

Praktycznie jedynym sposobem stosowanym przy naprawie pęknięć w ścianach jest wykucie cegieł na całej długości rysy albo w co trzeciej warstwie i przemurowanie nową cegłą, najczęściej na zaprawie cementowej. Zabiegiem dominującym przy „reperacji” odspojonych powierzchni licowych jest skucie uszkodzonej płaszczyzny na głębokość 1/2 cegły i wstawienie nowych cegieł z nawiązaniem do wątku istniejącego muru.

Wyłączne stosowanie tych metod — niezależnie od klasy obiektu i zakresu uszkodzeń — niejednokrotnie w sposób istotny przyczynia się do znacznego uszczuplenia oryginalnej substancji zabytku. Sama idea takiego wzmacniania konstrukcji może być bez zastrzeżeń uznana za odpowiednią w budownictwie remontowym, natomiast należy traktować ją raczej marginalnie i z dużą rezerwą przy konserwacji architektury zabytkowej. Dodatkowym aspektem przemawiającym za odstąpieniem od praktykowanych metod jest używanie przy naprawie rozwarstwień zaprawy cementowej oraz współczesnej cegły.

<sup>1</sup> A. Mitzel, W. Stachurski, J. Suwalski, *Awarie konstrukcji betonowych i murowych*, Warszawa 1973, ss. 31, 37.



1. Pogorzel k. Mińska Mazowieckiego, fragment wschodniej elewacji pałacu — rysy spowodowane brakiem usztywnień przestrzennych budynku (rozebrane stropy) oraz zmianą warunków posadowienia

1. Pogorzel near Mińsk Mazowiecki, detail of east elevation of the palace; cracks caused by the lack of spatial hardening of the building (roofs disassembled) and a change in the condition of the setting

Reakcje chemiczne zachodzące przy zetknięciu się zaprawy cementowej ze starymi zaprawami wapiennymi z domieszkami gipsu lub związków chlorowych działają szkodliwie, a niekiedy wręcz niszcząco na wątek murowy<sup>2</sup>. Domieszki związków siarkowych są najbardziej aktywnymi reagentami w reakcjach z zaprawami cementowymi. Destrukcyjnym skutkiem procesów chemicznych są znaczne zmiany objętościowe nowych zapraw<sup>3</sup>. Wobec

<sup>2</sup> J. L. Znaczkó-Jaworski, *Badania zabytków architektury dla potrzeb konserwatorskich — problem doboru właściwych zapraw* „Ochrona Zabytków”, nr 4, 1973, s. 259.

<sup>3</sup> Szczególnie niebezpieczne są siarczany magnezu, potasu, sodu i wapnia, które tworzą z wodnymi glinianami wapnia wodny siarczan glinowo-wapniowy  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , zwany solą Candlota lub bakcyłem cementowym, który krystalizując działa rozsadzająco poprzez zwiększanie objętości; por.: W. Zenczykowski, *Budownictwo ogólne*, t. 1, Warszawa 1964, s. 203.

faktu, że w starych zaprawach mogą być zawarte pewne ilości trójtlenku siarki, jako efekt powolnego utleniania się pirytu (dwusiarczku żelazowy) występującego niekiedy w złożach piasku<sup>4</sup>, należy unikać spoiwa cementowego nie tylko — jak to się powszechnie uważa — przy obecności gipsu.

Pierwsze próby produkcji sztucznego cementu portlandzkiego podjęte zostały przez Josepha Vicata w 1853 r.<sup>5</sup>, a na ziemiach polskich w założonej w 1857 r. i będącej własnością Władysława i Stanisława Ciechanowskich, czynnej do dzisiaj cementowni w Grodźcu<sup>6</sup>. Nie zmienia to faktu, że od rozpoczęcia przemysłowego wytwarzania cementu portlandzkiego upłynęło zaledwie kilkanaście dekad, a procesy zachodzące w trakcie jego wiązania nie są jeszcze w całości zbadane.

Niepodważalna co prawda jest doniosłość znaczenia odkrycia cementu portlandzkiego<sup>7</sup>, który z punktu widzenia technicznego okazał się najdoskonalszym spoiwem, jednak w odniesieniu do budownictwa konserwatorskiego, a szczególnie przy prowadzeniu prac konsolidujących strukturę obiektów zabytkowych, należy zrewidować poglądy preferujące ten materiał z uwagi na jego własności hydrauliczne i wytrzymałościowe. Stanowisko takie jest jednostronne, ponieważ nie uwzględnia zjawisk fizykochemicznych zachodzących w starym murze po wprowadzeniu doń zaprawy cementowej. Dzieje się tak, gdyż przy projektowaniu i w wykonawstwie ignoruje się oczywisty fakt, że budowle sprzed połowy XIX w., a w przeważającej mierze i znacznie późniejsze, były wznoszone głównie przy użyciu spoiwa wapiennego z dodatkami hydraulicznymi<sup>8</sup>. Jeszcze na początku tego stulecia koszt muru na zaprawie cementowej był znacznie wyższy od muru na zaprawie wapiennej, co ograniczało jego zastosowanie do ściśle określonych elementów konstrukcyjnych<sup>9</sup> lub do budowli, które realizowano nie licząc się z kosztami<sup>10</sup>.

Nieprzestrzeganie reżimu technologicznego przy produkcji współczesnej cegły sprawia, że jej parametry odbiegają znacznie od wymogów normowych. Pomijając względy wytrzymałościowe, naj-

<sup>4</sup> N. P. Zworykin, *Metodyka ukriepianija kamiennych (kierpicznych) kładek pamiatnikow architektury putiem nagnietanija rastworow w trieszcziny kładki*, (w:) *Praktika riestauracionnych rabot*, Moskwa 1950, s. 177.

<sup>5</sup> L. J. Znaczkó-Jaworski, *Z historii odkrycia sztucznego cementu hydraulicznego*, „Kwartalnik Nauki i Techniki”, nr 2, 1960, s. 206.

<sup>6</sup> *Historia kultury materialnej w Polsce w zarysie*, t. V, Warszawa 1978, s. 165; *Słownik Geograficzny Królestwa Polskiego..*, t. II, Warszawa 1881, s. 836.

<sup>7</sup> Zaslugę dokonania tego wynalazku przypisuje się powszechnie J. Apsdinowi, który w 1824 r. opatentował „portland stone”, będący w rzeczywistości sztucznym cementem romańskim. Dopiero J. Ch. Johnson w 1844 r. uzyskał spoiwo, które dzisiaj określa się mianem cementu portlandzkiego, ustalając bezwzględnie obowiązującą zasadę wypalania klinkieru aż do spieknięcia (ok. 1450°C); por.: J. E. Znaczkó-Jaworski, *Z historii...*, op. cit., ss. 209—215; *Kto jest wynalazcą cementu portlandzkiego*, „Przegląd Techniczny”, 1904, s. 444.

<sup>8</sup> Historia nowoczesnych materiałów wiążących datuje się od połowy XVIII w., kiedy to John Smeaton odkrył własności naturalnego wapna hydraulicznego. Na początku następnego stulecia zaczęto produkować naturalny cement romański, por.: Ibidem, s. 206.

<sup>9</sup> Jan Hünz uważa np., że „cement w murach fundamentowych i filarach kościoła, przedstawiają wątek budo-

bardziej szkodliwe są rozpuszczalne w wodzie sole kwasu siarkowego,<sup>11</sup> które winny być wylugowane w procesie sezonowania gliny przeznaczonej do wyrobu cegiel.<sup>12</sup> Stosowanie nowej cegły na zaprawie cementowej do reperacji rozwarstwień muru powoduje szczególnie często negatywne skutki, ze względu na oddziaływanie tych materiałów na całą szerokość przekroju ściany — przy rysach lub na stosunkowo duże płaszczyzny — przy odspojeniach powierzchniowych. Istniejąca w starym murze równowaga chemiczna zostaje zachwiana, co spowodowane jest zetknięciem się związków o różnych cechach. Widocznym objawem tych zjawisk są różnego rodzaju wykwyty pojawiające się na powierzchni ścian, w głównej mierze spowodowane krystalizacją albo wylugowaniem soli rozpuszczalnych w wodzie.<sup>13</sup>

Mankamenty wynikające z używania cementu i współczesnej cegły w dużym stopniu można wyeliminować stosując do scalania rozwarstwionych konstrukcji metodę iniekcji, polegającą na wtłaczaniu pod ciśnieniem odpowiednio dobranych zaczynów. Metoda ta ma wiele zalet, stąd jej niezwykłą przydatność w budownictwie konserwatorskim, co nie jest praktycznie wykorzystywane. A przecież już w latach 1930—1931 J. Koszycz-Witkiewicz użył tego sposobu — z bardzo pomyślnym rezultatem<sup>14</sup> — do wzmocnienia struktury wież i sklepień kolegiaty w Tumie.<sup>15</sup> Prawie równocześnie przeprowadzono podobne zabiegi w katedrze wileńskiej i płockiej.<sup>16</sup>

Wtłaczanie do wnętrza murów specjalnie spreparowanych iniektów, które zespajają rozwarstwione płaszczyzny oraz trwale łączą się ze starą zaprawą i cegłą, nie powoduje dalszych zniszczeń zabytkowej substancji. Mimo, że istnieją możliwości dość szerokiej modyfikacji zaczynów cementowych, zmieniające ich własności fizykochemiczne i technologiczne<sup>17</sup>, przy prowadzeniu prac konserwatorskich właściwie wydaje się oparcie składu iniektu na wapnie, stosując cement sporadycznie, w szczególnych przypadkach.<sup>18</sup>

wlany, jaki (...) używać musimy." J. Hinz, *Kościół parafialny we wsi Markach pod Warszawą*, „Przegląd Techniczny”, z. 11, 1901, s. 98.

<sup>10</sup> Prawdopodobnie jedynym obiektem wykonanym w ubiegłym wieku wyłącznie przy użyciu zaprawy cementowej był monumentalny grobowiec rodziny Scheiblerów; por.: *Mauzoleum śp. Karola Scheiblera na cmentarzu ewangelickim w Łodzi*, „Architekt”, z. 1, 1902, s. 3.

<sup>11</sup> Szczególnie niebezpieczny jest siarczan sodowy ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) i magnezowy ( $\text{MgSO}_4$ ). Zawartość siarczanów dodatkowo wzrasta przy wypalaniu cegły węglem kamiennym; por. W. Sikorski, *Typowe wady wyrobów ceglarskich*, Warszawa 1964, s. 29—31.

<sup>12</sup> Znamienne, że jakość cegły krytykowano już przed ponad stu laty, zarzucając brak sezonowania gliny i niewłaściwe jej wypalanie; por.: W. Czarnińska, *Kilka uwag z powodu wydarzonych wypadków przy budujących się domach w Warszawie*, „Inżynieria i Budownictwo”, 1879, s. 92.

<sup>13</sup> W. Zenczykowski, *Budownictwo...*, op. cit., ss. 203, 212.

<sup>14</sup> Dopiero w ostatnim czasie nastąpiło ponowne rozwarstwienie się wież kolegiaty, co jednak w żaden sposób nie dyskwalifikuje metody, ponieważ przyczyną są czynniki zewnętrzne. J. Koszycz-Witkiewiczowi można zarzucić jedynie błąd polegający na użyciu zaczynu cementowego.



2. Sulejów, fragment murów obronnych opactwa cystersów od strony południowej — zmniejszenie spoiwości warstw muru spowodowane wypłukaniem zaprawy ze spoin

2. Sulejów, detail of defensive walls of Cisters' Abbey from the south; reduced adhesion of wall layers caused by the washing out of the mortar from joints

<sup>15</sup> J. Kluss, *Konserwacja wież kolegiaty w Tumie pod Łęczycą*, „Ochrona Zabytków Sztuki”, 1930—1931, s. 203; J. Koszycz-Witkiewicz, *Kolegiata w Tumie pod Łęczycą, (w:) „TeKa Konserwatorska”*, z. 1, 1952, s. 36—37.

<sup>16</sup> W. Zenczykowski, *Przednia zaprawa murarska*, „Przegląd Techniczny”, 1934, s. 442.

<sup>17</sup> J. Sułkowski, *Charakterystyka techniczno-ekonomiczna metody iniekcji cementowych stosowanych przy wzmacnianiu podłoża pod fundamentami istniejących budynków zrealizowanych metodami tradycyjnymi*, Kraków 1977, s. 5; *Zaczyny do uszczelniania w otworach wiertniczych*, Kraków 1978, ss. 47—293.

<sup>18</sup> Rozpowszechnione w górnictwie i budownictwie inżynierskim domieszki modyfikujące zaprawy czy zaczyny cementowe mają wpływ głównie na przyspieszenie wiązania i twardnienia, polepszenie penetracji, zmniejszenie sedymentacji. Własności te osiąga się przez dodawanie środków, których używanie do potrzeb konserwatorskich jest bardzo niewskazane — chlorku wapniowego lub szkła wodnego albo oddziaływanie jest najprawdopodobniej szkodliwe, chociaż nie zbadane jeszcze w wystarczająco długim czasie — plastyfikatorów powierzchniowo aktywnych. Tak więc możliwość uzyskania zaczynów cementowych o cechach dość znacznie odbiegających od wyjściowych nie kwalifikuje ich do stosowania przy konserwacji obiektów zabytkowych.



3. Otwok Stary, fragment arkadowego podcienia w południowej elewacji pałacu — wykwit na tynku cementowo-wapiennym, wykonanym na starym murze

3. Old Otwock, detail of an arcade in the south elevation of the palace; blooms on cement — lime plaster, made on the old wall



4. Zaszolenia występujące na powierzchni nowej cegły, składowanej na budowie przez pół roku

4. Salinities appearing on the surface of new brick, stored on the building site for half a year

Jak podaje N. P. Zworykin<sup>19</sup>, naprężenia w starych murach na ogół nie przekraczają 3—4 KG/cm<sup>2</sup>, w sklepieniach 4—5 kK/cm<sup>2</sup>, a w fundamentach 2—3 KG/cm<sup>2</sup>. Badania sklepień wykazały, że najniebezpieczniejsze są przekroje na styku cegły i zaprawy. Niewłaściwe jest również używanie do ich wznoszenia innego spoiwa niż wapno.<sup>20</sup> Odpowiednio dozowane dodatki hydrauliczne czynią zaprawę wapienną w pełni odporną na działanie wilgoci zarówno w trakcie wiązania, jak i po stwardnieniu. Tak więc podstawowe zalety cementu, tj. duża wytrzymałość mechaniczna oraz własności hydrauliczne, przestają tu decydować na prawach wyłączności. W wypadkach, kiedy zachodzi konieczność stworzenia w krótkim czasie monolitu o znacznej

wytrzymałości, dopuszczalne może być zastosowanie zaczynu cementowo-wapiennego.

Wykorzystywanie przy pracach iniekcyjnych zaczynów cementowo-wapiennych może być tolerowane dla pewnych określonych okoliczności i wyłącznie w odniesieniu do konstrukcji ceglanych. W takich wypadkach należy zwracać szczególną uwagę na wyniki badań starych zapraw oraz wyjątkowo dokładne projektowanie i dozowanie składników zaczynu iniekcyjnego. Jako jedyny może znaleźć tu zastosowanie cement portlandzki wysokiej marki (od marki „350”) albo raczej cement biały, który jest uszlachetnioną odmianą cementu portlandzkiego i ma zwiększoną odporność na wykwit<sup>21</sup>. Za pomocą iniekcji usuwa się skutki procesów de-

<sup>19</sup> N. P. Zworykin, *Rastwory dla iniekcji kamiennej kładki*, (w:) *Teoria i praktyka renowacyjnych robót*, Moskwa 1972, s. 53.

<sup>20</sup> W. Zenczykowski, *Próby sklepień ceglanych*, „Przegląd Techniczny”, 1930, ss. 942—943.

<sup>21</sup> W. Zenczykowski, *Budownictwo...*, op. cit., s. 205.

strukcyjnych. Dlatego prace winny być prowadzone w ośrodkach o pełnej stabilizacji konstrukcyjnej, osiągniętej w sposób naturalny albo po przeprowadzeniu odpowiednich robót zabezpieczających przed postępowaniem zniszczeń. Całość problemów związanych ze wzmacnianiem danego obiektu należy opracować wcześniej w dokumentacji technicznej, opartej na badaniach struktury i konstrukcji zabytku. Prace badawcze mają na celu ustalenie przyczyn destrukcji, danie pełnej charakterystyki zmian strukturalnych muru oraz określenie materiałów zastosowanych do jego wzniesienia. Dane zawarte w projekcie technicznym mają stanowić pełne rozwiązanie zagadnień dotyczących receptur, wytrzymałości i konsystencji oraz ciśnienia iniektu wciągzonego w grubość muru. Niezbędne są również wytyczne dotyczące technologii prac, a szczególnie sposobu i kolejności wprowadzania iniektu, jak również oczyszczania rys, a także wypełnienia zewnętrznego lica szczelin po zakończeniu robót wzmacniających. Specyfika prac konserwatorskich nakłada obowiązek pełnego dokumentowania wszelkich poczynań przy obiektach zabytkowych. Dlatego w trakcie wykonywania robót należy metodycznie i szczegółowo rejestrować proces regeneracji starych murów. Do tego celu służy dziennik robót, w którym zamieszcza się informacje dotyczące rozpoczęcia i zakończenia iniekcji na danym odcinku, zużycia iniektu, jego parametrów technologicznych i wytrzymałościowych oraz zastosowanego ciśnienia w odniesieniu do poszczególnych rozwarstwień.

Ogólna klasyfikacja metod iniekcyjnych oparta jest na sposobie wprowadzania do głębi muru zaczynu wzmacniającego<sup>22</sup>:

— Iniekcja grawitacyjna, zwana popularnie „zalewką”, polega na wykorzystywaniu różnicy ciśnienia hydrostatycznego pomiędzy zbiornikiem z zaprawą a miejscem rozwarstwienia. Zakres stosowania tej metody ograniczony jest do stosunkowo rzadkich wypadków, kiedy wystarczające okazuje się ciśnienie rzędu dziesiątych części atmosfery, a rozwarstwienia występują na płaszczyznach poziomych lub skośnych i są otwarte od góry<sup>23</sup>.

— Iniekcja próżniowa<sup>24</sup> polega na wytwarzaniu podciśnienia w miejscach rozwarstwień, co pozwala na łatwiejsze wprowadzenie iniektu oraz dokładne wypełnienie wszelkich pustek.

— Iniekcja ciśnieniowa łączy w sobie zalety wymienionych wcześniej typów iniekcji. Z metody grawitacyjnej przejmuje sposób wciągania zaczynu (jednak przy możliwości uzyskiwania znacznie wyższego ciśnienia), natomiast z metody pró-



5. Karczew k. Warszawy, fragment dzwonnicy — wykwiły na tynku spowodowane oddziaływaniem soli zawartych w nowej cegle użytej do szpałdowania i flekowania podpór budowli (wszystkie zdjęcia autora)

5. Karczew near Warsaw, detail of a belfry; blooms on the plaster caused by the effect of salts contained in new brick used to scone and tap building supports

zniowej — dokładność wypełniania każdego rodzaju rozwarstwień.

Właśnie iniekcja ciśnieniowa wydaje się najbardziej odpowiednia do zastosowania w praktyce konserwatorskiej. Do najważniejszych zalet tej metody należy zaliczyć możliwość dowolnej regulacji ciśnienia (w przedziale 0,5 — 6 atmosfer) oraz wprowadzania iniektu zarówno w warstwy przypowierzchniowe muru, jak i w głąb jego przekroju, niezależnie od kierunku przebiegu i szerokości rozwarstwień. Stwarza to sposobność równie skutecznej reperacji powierzchni pionowych, jak i poziomych (stropy, sklepienia) oraz konsolidacji rozwarstwień równoległych, prostopadłych i skośnych w stosunku do płaszczyzny muru. Zaczyn wzmacniający podawany węzami gumowymi wprowadzany jest do wnętrza muru przez końcówkę zwaną iniektorem. Iniektory należy mocować w murze na potrzebnej głębokości w odstępach zależnych od szerokości, kierunku i przebiegu rys. Można też włączyć zaprawę za pomocą iniektora dociskowego, co

<sup>22</sup> W. Borusiewicz, *Konserwacja zabytków budownictwa murowanego*, Warszawa 1971, s. 173.

<sup>23</sup> Metoda ta może znaleźć najszerze zastosowanie przy naprawie sklepień, chociaż konieczność usytuowania pojemnika z zaczynem znacznie powyżej reperowanego ośrodka — dla uzyskania odpowiedniego ciśnienia — w sposób zasadniczy ogranicza możliwość jej wykorzystywania.

<sup>24</sup> S. Oleszkiewicz, *Próżniowa metoda iniekcji i jej zastosowanie przy wzmacnianiu konstrukcji budowlanych*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej — Budownictwo”, nr 3, 1961.

eliminuje potrzebę wiercenia dodatkowych otworów w murze.

Opanowanie technologii prowadzenia robót iniekcyjnych nie powinno nastęrczać większych trudności. Do czynności wstępnych należy przygotowanie gniazd dla iniektorów<sup>25</sup>, oczyszczenie szpelin, zamknięcie rozwarstwień na powierzchni licowej muru. Zasadniczą operację, tj. wprowadzenie iniektu w głąb muru, należy przeprowadzać zgodnie z rozwiązaniem projektowym, uwzględniając oczywiście sytuacje nieprzewidziane w dokumentacji, które ze względu na charakter poczynań mogą dość często występować. Dlatego w trakcie prowadzenia robót niezbędny jest stały nadzór techniczny, jak również szczegółowa rejestracja przebiegu prac. Po zakończeniu wtlaczania pozostaje oczyszczenie lica muru z uszczelniającej obrzutki oraz spoinowanie lub tynkowanie ścian — w zależności od zamysłu architektonicznego.

Jeszcze jedną zaletę stosowania iniekcji należy upatrywać w stosunkowo niewielkiej ilości sprzętu niezbędnego do prowadzenia robót. Podstawowe wyposażenie składa się z małej betoniarki (najlepiej o pojemności do 50 l), pompy do wtlaczania iniektu oraz węża gumowego z kompletem iniekto-

<sup>25</sup> Ze względu na konieczność odpowietrzenia, minimum stanowią dwa otwory na długości każdej rysy.

<sup>26</sup> Wydaje się, że można wykorzystać, zaproponowaną przez H. Jędrzejewską, skróconą metodę badania zapraw, która pozwala na szybkie rozpoznanie podstawowych cech charakterystycznych spoiwa, w zakresie wystarczającym do zaprojektowania zaczynu iniekcyjnego. por.: H. Jędrzejewska, *Dawne zaprawy budowlane*, „Kwartalnik Architektury i Urbanistyki”, nr 1, 1958, ss. 85—94; H. Jędrzejewska, *Nowa metoda badania dawnych zapraw budowlanych*, „Ochrona Zabytków”, nr 1—2, 1961, ss. 66—69.

<sup>27</sup> Warto przytoczyć tu celne sformułowanie J. Znaczk o-Jaworskiego: „... dobór spoiwa (...) powinien być dokonywany nie tylko na podstawie własności (...) wybieranego nowego materiału, lecz również na podstawie własności materiałów, z którymi będzie się ono stykało, a wreszcie na podstawie własności dawniejszego spoiwa, które ma zastąpić.” (*Badania zabytków architektury...*, op. cit., s. 258).

arów. Zestaw ten można przewieźć w całości samochodem towarowo-osobowym i prawie natychmiast po dostarczeniu sprzęt jest gotowy do eksploatacji. Dzięki temu możliwa jest bardzo duża operatywność, co ma niekiedy zasadnicze znaczenie; np. w sytuacjach awaryjnych.

Iniekcja jest metodą szczególnie przydatną do wzmocnienia struktury murów obiektów zabytkowych. Przy stosowaniu sposobów tradycyjnych rzadko udaje się osiągnąć właściwy efekt bez naruszenia lub zniszczenia substancji w pobliżu reperowanych ośrodków. Używanie do reperacji rozwarstwień spoiwa cementowego i współczesnej cegły niejednokrotnie niweczy rezultaty zabiegów konserwatorskich z powodu naruszenia równowagi fizykochemicznej starego muru. Zdarza się również że stan techniczny pewnych elementów konstrukcyjnych wyklucza przemurowanie ze względów bezpieczeństwa. Na ogół podejmowane są wówczas decyzje o rozbiórce cennych nieraz reliktyw, których regeneracja za pomocą iniekcji nie nastęrczałaby większych trudności.

Korzyści ekonomiczne wynikające z nieporównanie mniejszego zużycia materiału oraz możliwość wykonania w stosunkowo krótkim czasie znacznego zakresu napraw przy niewielkim zatrudnieniu stanowią również czynnik, który powinien być wzięty pod uwagę.

Przedstawione tu poglądy oparto na doświadczeniach z wykonawstwa budowlano-konserwatorskiego. Zagadnienia związane z reperacją rozwarstwionych konstrukcji powinno się rozszerzyć przez podjęcie badań laboratoryjnych<sup>26</sup>, dla nadania wtlaczanym iniektom własności, które nie wywołują ujemnych skutków przy zetknięciu się ze starym murem<sup>27</sup>. Metodę iniekcji należy uznać za właściwą do stosowania w praktyce i dążyć do tego, aby stała się jedną z uznanych technologii w konserwacji architektury zabytkowej.

inż. Andrzej Majdowski  
PP PKZ — Oddział w Warszawie  
Kierownictwo Zespołu Budów Nr 1

## THE USE OF INJECTION TECHNIQUES IN BUILDING AND CONSERVATION PRACTICE

Injection is a technique consisting in the forcing into the inside of the brick wall of special pastes or mortars (injects) which join delaminated surfaces and bond them permanently with the old brick and mortar. This technique may, in particular, be employed to repair cracks and to fill up empty spaces in the wall. In comparison with re-erections traditionally used in such cases, injection is a more economic technique with regard to material and labour consumption.

All problems connected with the strengthening of a building should be first worked out in technical documentation based on an examination of the wall structure and building consumption. Research works should establish causes of destruction and give a full description of structural changes in the wall. The drawing of a technical layout comes to the solution of the following problems: a) mode and order of introducing an inject, b) components, durability and consistence of the

inject, c) pressure of the inject introduced, d) technique of cleansing scratches and filling up the outside face of cracks.

A classification of injection techniques is based on the mode of introducing the paste and is divided into a) gravitational injection, b) vacuum injection, and c) pressure injection. A technique of pressure injection is most universal, and its most important advantages are: a) a possibility to have an unrestricted control of pressure, b) filling up of cracks irrespective of the direction of their course and width, c) introduction of the inject both in the surface layers of the wall and inside its cross-section.

From a technological point of view the work done in this way can be divided into the following stages: a) preparation of pockets for injectors, b) cleansing of cracks, c) sealing of cracks on the facing surface of the wall, d) introduction of the inject.