

Dr. n. t. L. KOWALSKI.

O WIEKU MURÓW ROTUNDY ŚWIĘTYCH FELIKSA I ADAUKTA

(N. P. M.) na Wawelu ze stanowiska chemicznego.

WYDAWNICTWO „CZASOPISMA KRAK. TOW. TECHNICZNEGO“.
SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI GEBETHNERA I SKI W KRAKOWIE.

Wojciech Tuczyński
5.13
Kraków, 21 lipca 1920

KRAKÓW 1920.
DRUKIEM WŁ. POTURALSKIEGO KRAKÓW XXII.



227909/1

BI-12

Akc 829/K/80



Po dokonaniu swych robót odkrywczych około tej zagadkowej, prastarej budowli na Wawelu, zwrócił się do mnie profesor Adolf Szyszko-Bohusz z żądaniem wykonania analiz murów zabytku, w celu zyskania poglądu na wiek jego, także i z czysto przyrodniczego punktu widzenia.

Aczkolwiek tego rodzaju badania nie mogą jeszcze przy dzisiejszym stanie wiedzy być ściśle, a z nich wysnute wnioski mogą mieć wartość tylko pomocniczą dla historyka-architekta, jednak ze względu na to, że tego rodzaju prace są bardzo rzadko podejmowane (szczególniej u nas), jak również z powodu wielkiej doniosłości kulturalno-historycznej badanego obiektu, poniżej zestawione analizy i wnioski, poprzedzone uwagami ze stanowiska fizyko-chemicznego, nadają się może do publikacji.

O wieku muru budowanego na zaprawie wapienno-piaskowej (krzemionkowej) sądzić można z postępu pewnych reakcji chemicznych, odbywających się po wystawieniu muru.

Świeżo przygotowana zaprawa murarska składa się z wodorotlenku wapniowego silnie napojonego wodą i z piasku w stosunku 1 : 3, 4, 5 (w odniesieniu do suchych substancji). Nowy mur jest wilgotny i mięki. Zależnie od jakości wapna następuje po pew-

nym, ale zawsze na dni liczącym się przeciągu czasu, pierwsze stwardnienie zaprawy, polegające na częściowym wyschnięciu połączone z ściślejszym ułożeniem się kłaczkowatych cząsteczek wodorotlenku wapniowego wokoło ziarenek piasku i względem siebie, przez ustąpienie wody, która rozdzielała je poprzednio, częściowo zaś na ustępowaniu wody nie mechanicznie, jak wyżej wspomniałem, zmieszanej z wapnem, ale ściślej związanej z niem — adsorbowanej przez hydrogel, jakim jest wapno w znaczeniu koloidalno-chemicznym.

Ustępowanie tej wody — hydratacyjnej — z hydrogelów powoduje w nich zawsze wybitne zmiany własności fizykalnych, a także i chemicznych, przede wszystkim powoduje stwardnienie.

Prawie równocześnie z tym procesem rozpoczyna się wiązanie przez wapno bezwodnika węglowego z powietrza otaczającego; przez co ono zdąża ku stanowi podobnemu, w jakim było w skale, z której zostało wypalone. Im dłużej i dokładniej przechodzi ono we węglan, tem staje się do naturalnego węglanu podobniejsze. Naturalnie nigdy twardość jego nie dorówna twardości skały, ponieważ brak tu ciśnień, które zachodziły przy tworzeniu się tej ostatniej, a także i przekryształowanie nie następuje w tej mierze. Jak z reakcji $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ widać, wydziela się przy tem woda chemicznie z wapnem związana; proces ten wysychanie znowu opóźnia. Wprowadzenie większej koncen-

tracji CO₂ do świeżych, już trochę podeschłych murów, powoduje ponowne ich nawilgnięcie. Oba te procesy zaczynają się zaraz na powierzchni, a z czasem postępują w głąb muru. Czas trwania ich jest rozmaity, a ostateczne skarbonizowanie się wapna nie jest jeszcze gotowe czasem i po kilku stuleciach.¹⁾ Oczywiście, że nie jest obojętnem, jakim jest materiał, który się tą zaprawą spaja. Lekka i porowata cegła wciąga w siebie wodę mechanicznie zmieszaną ze zaprawą i tem pierwszą zmianę konsystencji jego przyspiesza, potem zaś dzięki swej porowatości ułatwia bardzo dyfuzję pary wodnej i bezwodnika węglowego. Zbity, prawie że nieporowaty wapien n. p. wody nie wciąga w siebie w zetknięciu ze zaprawą, a dyfuzja gazów jedynie tylko poprzez samą tylko zaprawę może się odbywać.

Te procesy zwykle jednak przebiegają do końca w murach liczących już większą ilość stuleci. Mury takie bynajmniej nie przedstawiają bezwzględного spokoju pod względem chemicznym. Krzemionka piasku, aczkolwiek bardzo powolnie, działa na wapno i łączy się z niem na krzemiany odpowiadające może minerałowi wollastonitowi, najprawdopodobniej jednak są to wodne krzemiany. Proces ten jest bardzo powolny z tego powodu, że piasek przedstawia odmianę krzemionki krystaliczną, tak jak kryształ górny, trudno w reakcje chemiczne wchodząca. Szybkość

¹⁾ R. Abegg. Hadb. d. anorg. Ch.

reakcji chemicznej między ciałami, z których przynajmniej jedno jest ciałem stałym, w sposób istotny określona jest wielkością powierzchni zetknięcia się tego ciała stałego zresztą substancji biorących udział w reakcji; to znaczy, że tylko część z całego obecnego ciała stałego może w danej chwili brać udział w reakcji; tem większa, im dalej posunięty stopień rozdrobnienia tego ciała stałego i im większa jego porowatość. W poprzednio opisanym procesie karbonizacji ciałem stałym był wodorotlenek wapniowy znajdujący się w stanie niezwykle subtelnego proszku, którego t. zw. „powierzchnia właściwa“ o kilka rzędów wielkości przekraczała powierzchnię właściwą piasku, którego używa się zwykle do murowania. W poprzednim też procesie tylko wodorotlenek i węgiel wapniowy były ciałami stałymi, bezwodnik węglowy i para wodna zaś gazami. Przy procesie wiązania krzemionki mamy $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$ trzy ciała stałe, a tylko jeden gaz i to po prawej stronie równania. Na powolność tej reakcji składa się grubość ziarna piasku, którego i tak już mała stosunkowo powierzchnia właściwa nie zawsze cała jest w zetknięciu się z wapnem. W każdym razie jednak decyduje tu już grubość ziarna ale także i rodzaj jego powierzchni.

Z pomiędzy innych znów czynników bodaj najważniejszym jest stan wilgotności muru, względnie zaprawy jego, lub tynku (zależnie od tego, którą część bierzemy pod rozwagę). Ogólnie znanem zja-

wiskiem, a w ostatnich czasach bardzo powszechnie stwierdzonem, jest zupełny zanik szybkości reakcji pomiędzy ciałami prawie absolutnie suchemi. Bardzo więc różne będą warunki zależnie od tego, czy mury były przykryte czy nie. Wreszcie w tym samym murze w różnych miejscach bardzo odmienne mogły zachodzić warunki.

Aby zyskać dane do oceny wieku murów i tynku kościółka św. ~~...~~^{Feliksa} i Adaukta przez prof. A. Szyszko-Bohusza odkrytego, wziąłem pod uwagę stopień zniknięcia wodorotlenku wapniowego we wapnie zaprawy czy też tynku i ilość t. zw. związanej krzemionki.

Zadanie było o tyle ułatwione, że do kościółka dobudowano ściśle do niego przylegający mur obronny podczas inkastellacji dokonanej przez Konrada Mazowieckiego w r. 1241. Można więc było oprzeć się na analizach porównawczych z materiału bezpośrednio przylegającego, który starzał się wprawdzie w nieidentycznych, ale w bardzo podobnych warunkach, a mającego zupełnie pewną metrykę historyczną. Do badania obecności wolnego wodorotlenku wapniowego już z góry przywiązywałem mniejszą wagę dlatego, że już i mur obronny gotycki mający około 680 lat nie powinien był mieć wcale wolnego wodorotlenku.

Aby możliwie ściśle badanie przeprowadzić wziąłem kilka gramów zaprawy, możliwie z wnętrza fugi wydobytych, sproszkowałem szybko, suszyłem w próżni ponad bezwodnikiem fosforowym, oraz świeżo wypo-

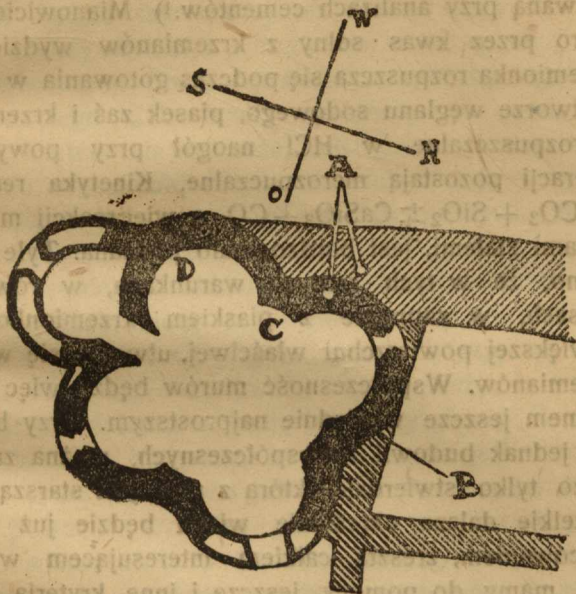
lonym tlenkiem wapniowym możliwie szybko ważyłem i po rozmaczeniu w wodzie zupełnie wolnej od bezwodnika węglowego miareczkowałem $1/100$ normalnym kwasem solnym do zniknięcia barwy fijołkowej fenoloftaleiny. Taksamo miareczkowałem podobną ilość zaprawy, którą poprzednio dobrze sproszkowaną trzymałem przez dobę w atmosferze bezwodnika węglowego, a następnie dopiero w próżni nad P_2O_5 i CaO uwalniałem od wilgoci i adsorbowanego CO_2 . Oba miareczkowania materiału tak z muru gotyckiego, jak z zaprawy, jak i z tynku z kościołka wypadły zgodnie w granicach błędów doświadczenia, wobec czego karbonizacja we wszystkich wypadkach przebiegła do końca; pod tym względem nie znalazłem żadnej różnicy pomiędzy murem gotyckim, a murem lub tynkiem Rotundy.

Nie mogąc brać wielkich ilości materiału do otrzymania próbek przeciętnych, aby możliwie nie niszczyć cennego zabytku ograniczyłem badanie do materiału z obszernej fugi z górnej części muru kościołka z miejsca gdzie do wklęsłości między dwu zachodniami absydami przytyka mur obronny gotycki, jak widać z załączonego szkicu¹⁾. Porównawczą próbkę wzięłem zaraz obok z muru gotyckiego. (Na szkicu litera A).

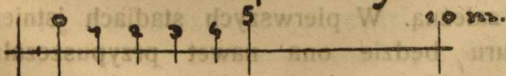
Wobec nieobecności wolnych zasad, tak w zaprawie muru rotundy, jak i muru gotyckiego, po-

¹⁾ Który zawdzięczam uprzejmości Prof. A. Szyszko-Buhusza. †

zostało badanie postępu wiązania krzemionki piasku zaprawy.



- mur rotundy
- mur z połowy XIII w.
- mur z połowy XIV w.



Przez gotowanie z kwasem solnym (1:1) oddzielałem krzemionkę z rozpuszczalnych w ~~krzemionki~~ krze-

HCl

mianów, nierozpuszczalne krzemiany i piasek. Aby oznaczyć krzemionkę związaną zastosowałem metodę używaną przy analizach cementów.¹⁾ Mianowicie dopiero przez kwas solny z krzemianów wydzielona krzemionka rozpuszcza się podczas gotowania w 10% roztworze węgla sodowego, piasek zaś i krzemiany nierozpuszczalne w HCl naogół przy powyższej operacji pozostają nierozpuszczalne. Kinetyka reakcji $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$, a więc reakcji między ciałami stałymi, jest bardzo mało poznana. Tyle wiadomo, że w tych samych warunkach, w równych czasach, w zaprawie z piaskiem krzemionkowym o większej powierzchni właściwej, utworzy się więcej krzemianów. Współczesność murów będzie więc problemem jeszcze względnie najprostszym. Przy badaniu jednak budowli niewspółczesnych, można zasadniczo tylko stwierdzić, która z nich jest starszą, ale wszelkie dalsze określanie wieku będzie już tylko szacowaniem, zresztą całkiem interesującym wtedy gdy mamy do pomocy jeszcze i inne kryteria, więc przedewszystkiem historycznej natury.

Jakiego rodzaju funkcją czasu jest ilość związanej krzemionki w danym tynku, tego dokładnie nie wiemy. To tylko jest pewne, że funkcja ta jest od wielu czynników zależną. W pierwszych stadiach istnienia danego muru będzie ona nawet przypuszczalnie bardziej skomplikowana obecnością wolnej zasady

¹⁾ G. Lunge Unt. Methoden I str. 597, 700, 701 i Z. f. angew. Chemie 1897. 393.

Ca(OH)₂ reagującej napewno energiczniej z SiO₂ aniżeli węglan wapniowy. Tą drogą związanej krzemionki będzie tem więcej, im dłużej będą obecne wolne zasady w murze, im później skończy się proces karbonizacji. Dalej, usuwanie ze sylikacji węglanu pochodzącego CO₂ przez absorbcję we wodoro-
 tlenku istotnie się wzmoże, co znów przyspiesza wiązanie krzemionki. Stąd należałoby więc wnosić, że wiązanie krzemionki w murach grubych, mało przewiewnych, będzie w pierwszych początkowych wiekach silniejsze, aniżeli w bardziej przewiewnych. Później jednak, kiedy już wolne zasady się skarbonizują i usuwanie CO₂ tylko przez dyfuzję na zewnątrz może się dokonywać, sądzić należy, że znów przewiewność muru sylikację jego przyspieszy. Zatem, że znów ilość związanej krzemionki nie jest funkcją prostą czasu przemawia już to, że w miarę jej wiązania powstały krzemian przegradza wapno od piasku, powierzchnia bezpośredniego zetknięcia się zmniejsza się coraz bardziej, co musi pociągnąć za sobą odpowiednio wzrastające zanikanie procesu. Nie można więc sobie powiedzieć po prostu, że skoro w murze A jest dwa razy więcej związanej krzemionki niż w murze B, to temsamem mur A jest dwa razy starszy od B. Uwzględniając wyżej powiedziane należałoby twierdzić, że A jest conajmniej dwa razy starszy, jeśli nie więcej.

Gdy do zaprawy badanych murów brano ten sam piasek, porównanie będzie jeszcze łatwiejsze, jeśli

jednak nie, wtedy należy określić przynajmniej w przybliżeniu powierzchnie właściwe, (a raczej ich stosunek) piasków badanych zapraw.

Zadanie to nie jest takie łatwe. Jeśli ziarna są dobrze otoczone i zbliżają się do kuli wtedy przemierzenie większej ilości średnic i obliczenie przeciętnego promienia może dać już pewną podstawę do rachunku.¹⁾

1) Zakładając $V =$ objętość 1 cm^3 (obj. rzeczywista)

$v =$ „ „ jednego ziarna

$p =$ powierzchnia „ „

$P = \Sigma$ powierzchni ziarn składających się na obj. jednego cm^3 , czyli powierzchnia właściwa (Wolfgang Ostwald).

$n =$ ilość ziarn składających się na objętość 1 cm^3

wtedy :

$$V = \Sigma v = nv = 1 \text{ cm}^3$$

$$P = \Sigma p = n p \quad (\text{n. b. jeśli ziarna są sobie wszystkie równe.})$$

Porównajmy teraz dwie próbki piasku, z których jednej ziarna wszystkie o promieniu R drugiej wszystkie o r , więc:

n_R, p_R, P_R, v_R i n_r, p_r, P_r, v_r .

$$n_R \cdot v_R = n_r \cdot v_r = V = 1 \text{ cm}^3; P_R = n_R \cdot p_R; P_r = n_r \cdot p_r$$

skoro założymy, że $R > r$

wtedy: $n_R < n_r$, t. j. w drobniejszej próbce więcej wypadają ziarn na 1 cm^3 objętości rzeczywistej.

$P_R < P_r$: Powierzchnia właściwa drobniejszego piasku jest większa.

Chodzi nam jednak o stosunek: $P_R : P_r = ?$

$$V_R = \frac{4}{3} \Pi R^3, v_r = \frac{4}{3} \Pi r^3, P_R = n_R \cdot 4 \Pi R^2, P_r = n_r \cdot 4 \Pi r^2$$

$$V = n_R \frac{4}{3} \Pi R^3 = n_r \frac{4}{3} \Pi r^3, \text{ więc } n_R \cdot R^3 = n_r \cdot r^3$$

Jeśli jednak kształt ziarn silnie oddala się od kuli, wtedy należałoby właściwie uciec się do metod bezpośredniego pomiaru powierzchni właściwej n. p. przez odbarwianie rozstworów barwików przez adsorbcję. Zdać sobie jednak musimy sprawę, że nie mamy tu do czynienia z pierwotną powierzchnią, lecz ze skorodowaną już przez proces sylikacji. Na adsorbcję zaś ta mikrostruktura powierzchni ma bardzo wielki wpływ tak, że kto wie czy tą drogą można się spodziewać otrzymania czegoś pewniejszego, aniżeli pierwszą metodą z uwzględnieniem poprawki na odstępstwo od kuli, zyskanej przez odpowiednie szacowanie.

Poważna komplikacja w porównywaniu zaprawy murarskiej ścian kościółka ze zaprawą muru gotyckiego wyłoniła się stąd, że do zaprawy muru kościółka użyto czystego wapna lasowanego (bez dodatku piasku) aby więc jednak uzyskać jakąś podstawę

$$\frac{r^3}{R^3} = \frac{n_R}{n_r}, \quad \frac{r}{R} = \sqrt[3]{\frac{n_R}{n_r}}; \quad \frac{P_R}{P_r} = \frac{n_R R^2}{n_r r^2} = \frac{r^3}{R^3} \cdot \frac{R^3}{r^2}$$

$$\frac{P_R}{P_r} = \frac{r}{R} \sqrt[3]{\frac{n_R}{n_r}}; \quad P_R = \frac{r}{R} \cdot P_r = \sqrt[3]{\frac{n_R}{n_r}} \cdot P_r$$

powinno być
 $\frac{P_R}{P_r} = \frac{r}{R} \sqrt[3]{\frac{n_R}{n_r}}$

Jeśli ciężary właściwe obu próbek są takie same wtedy przeliczając ilość ziarn składających się na n. p. 1 g w jednej

w drugiej otrzymujemy n_R i n_r , a z $\sqrt[3]{\frac{n_R}{n_r}}$ również szukany stosunek $\frac{P_R}{P_r}$.

do porównania wziętem pod uwagę proces jaki zaszedł między ziarnami kwarcowymi piaskowca, z którego wzniesiono mury Rotundy, a wapnem zaprawy. Zebrałem materiał z obszernej fugi z górnych części muru Rotundy z bliskiego sąsiedztwa muru gotyckiego. Powierzchnia zetknięcia się wapna z piaskowcem składała się z licznych ziarenek¹⁾ dość mocno przywartych do wapna. Z tejto „kontaktowej powierzchni” zebrałem 10·142 g. Po rozpuszczeniu tego w kwasie solnym pozostało 0·194 g. nierozpuszczalnej reszty.²⁾

Z roztworu w kwasie solnym wydzieliłem zaś metodą Lungego (patrz wyżej) 0·1158 g krzemionki w której 0·0677 (maksymalnie) mogło pochodzić z wapna, na związaną więc przypadnie 0·0481 g. Biorąc owe 0·194 g nierozp. pozostałości w rachunek jako „piasek“ otrzymujemy 20·2% rozp. krzemionki w odniesieniu do całej ilości piasku z powierzchni kontaktowej. W samym piaskowcu znalazłem 3·970/100³⁾

¹⁾ Pochodzących naturalnie z piaskowca i pierwotnie najprawdopodobniej z nim ściśle spojonych.

²⁾ Przystępując do określenia postępu procesu sylikacji wyszedłem z następujących założeń: Że do palenia wapna do budowy Rotundy, jakoteż i potem do wzniesienia muru obronnego gotyckiego łamano kamień ze skały z Wawelu i drobno rozsiiana krzemionka w tym wapieniu (w ilości przeciętnie 0·67%) w całości związała się podczas palenia wapna na rozpuszczalne krzemiany.

³⁾ Piaskowiec zbity drobnoziarnisty o składzie: 52·56% nierozp. w HCl 397% krzemionki z rozp. krzemianu reszta = węglany wapnia i żelaza, glinika etc., wedle W. Kuźniara pochodzący z Barwałdu nad Skawą.

związanej krzemionki pozostaje więc ostatecznie jako wynik sylikacji 16·20%. W murze gotyckim¹⁾ natomiast znalazłem tylko 1·46%. Ponieważ jednak ziarno piaskowca jest znacznie drobniejsze od piasku zaprawy muru gotyckiego, przeto oznaczyłem przeciętną średnicę ziarn w celu oszacowania powierzchni właściwej.

Z większej ilości pomiarów średnicy otrzymałem 0·0507 mm. = promień ziarna piasku z pow. kontaktowej z muru Rotundy, 0·2224 mm. = promień piasku zaprawy mur. got.

Stosunek więc $r : R = 1 : 4$ (okrągło)

Z przeliczenia zaś ziarn tej samej uwagi (zakładając równe c. wł. krzemionki, piaskowca i piasku zaprawy

got.) znalazłem: $\frac{n_r}{n_R} = \frac{130,080}{8952}$ z czego $\sqrt[3]{\frac{n_R}{n_r} = \frac{21}{51}}$,

a więc okrągło 2 : 5.

Należy więc przy porównywaniu postępu procesu sylikacji w obu zaprawach wziąć pod uwagę, że przy wyjmowaniu wapna z fugi muru Rotundy oderwały się od kamienia ziarenka zluźnione działaniem wapna, całe obleczone krzemianem. Przy dokładnem oglądnięciu pod lupą widać na samej powierzchni wapna powłokę twardszą od niego, burzącą z rozc. kwasem solnym dopiero po chwili. Powłoka ta jest więc naj-

¹⁾ Mur obronny gotycki z grubo łamanego kamienia wapiennego (białojurajskiego) na zaprawie wapiennej o składzie 79·50% piasku 20·50% wapna, piasek zupełnie identyczny z piaskiem wiślanym.

prawdopodobniej krzemianem powstałym z ziarn, które przy wyjmowaniu tego kawałka wapna zostały na kamieniu i wobec tego należy wprowadzić poprawkę w tej formie, że ilość „piasku“ (części nierozpuszczalnej) należy podwoić przy obliczaniu procentu związanej krzemionki, aby wzięść w rachunek także ziarna piaskowca, które brały udział w reakcji, a do analizy nie były wzięte, (ponieważ zostały na kamieniu). Wedle tego zamiast 16·20/0 otrzymamy 11·2. Uwzględniając teraz stosunek powierzchni właściwych otrzymamy z pomiaru promieni $r : R = 4 : 1$ znajdziemy $\frac{11·2}{4} : \frac{1·46}{1}$ czyli okrągło 2 : 1. Biorąc zaś liczby z obliczenia ilości ziarn

$$\sqrt[3]{\frac{n_r}{n_R}} = \frac{5}{2} \text{ znajdziemy } \frac{11·2}{5} : \frac{1·46}{2} \text{ czyli okrągło } 3 : 1$$

Zważając jeszcze na to, że ziarna krzemionkowego piaskowca ścian Rotundy są bardziej ostro kąciaste — bardziej oddalone od kuli aniżeli ziarna piasku za-prawy muru Konrada Mazowieckiego, wypadnie nam uwzględnić dalszą jeszcze poprawkę odpowiadającą przez tą kąciastość zwiększonej powierzchni właściwej ziarn piaskowca, w każdym jednak razie niniejsza analiza chemiczna wykazuje zgodnie z wynikami badań historycznych, że mury Rotundy N. P. M. na Wawalu są znacznie starsze od przytykającego do niego muru obronnego gotyckiego z roku 1241¹⁾.

¹⁾ Adolf Szyszko Bohusz — Rotunda Świętych Feliksa i Adaukta — XVIII Rocznik Krakowski.

Jak już zaznaczyłem poprzednio, ocena ta opiera się na badaniu postępu reakcji między wapnem zaprawy a krzemionką. Szybkość reakcji chemicznych, przebiegających przez liczne wieki, jest zjawiskiem dość niewyjaśnionym, a w obecnym wypadku reagowania dwu ciał stałych, bardzo skomplikowanym. Ściśle biorąc, w zupełnie suchym murze sylikacja zaprawy prawie nie posuwałaby się naprzód. To zaś, co z postępu tej reakcji w danym wypadku stwierdzono, najprawdopodobniej odnieść należy do działania wilgoci muru, która tworząc roztwory (coprawda bardzo słabo rozpuszczalnych ciał) pośredniczyła we właściwym zetknięciu się chemicznym obu wyżej wspomnianych substancji.

Zaś stan wilgotności tych obu murów ulegał najrozmaitszym wahaniom zależnie od tego, czy były pokryte dachem (względnie wbudowane w inne budynki), czy też stały odkryte, wystawione na działanie atmosfery; w końcu podniesienie się powierzchni ~~muru~~^{gruntu} na Wawelu spowodowało zakopanie tych murów coraz głębiej w ziemię. Do analizy zebrano próbki z muru Rotundy i z muru gotyckiego w możliwie bliskich sobie punktach, aby mieć materiały, który starzał się w możliwie podobnych warunkach, w każdym razie jednak zależnie od zasięgu skłapy dachu Rotundy mur gotycki w tym miejscu był zasłonięty mniej, lub więcej od deszczu, względnie bardziej jeszcze zasłonięty wodą deszczową spływającą z dachu Rotundy. W każdym razie jednak

należy przypuszczać, że mur gotycki raczej bardziej był mokry od muru Rotundy, do której przylegał, więc opierając się na ilości związanej krzemionki należy dać pierwszeństwo badaczom przesuwającym datę wzniesienia murów Rotundy przed wiek IX-ty.

Prócz zaprawy muru badałem jeszcze próbkę tynku z wnętrza Rotundy i z zewnątrz. Interesujący mianowicie jest zewnętrzny tynk z miejsca, w którym mur Rotundy wychodzi bezpośrednio z pod muru gotyckiego z połowy XIV w. tak, że nie ulega żadnej wątpliwości, że ten tynk już był na murze Rotundy w czasie stawiania tego ostatniego. (Na planie litera B.) Piasek tego tynku¹⁾ ma ziarna przeciętnie drobniejsze od piasku zaprawy muru gotyckiego — $r = 0.12 \frac{m}{m}$ — są one jednak od tamtych znacznie bardziej zaokrąglone, powierzchnię mają czystą o bardzo nieznacznej korrozji. Świeży złom b. rzadki (tu i owdzie tylko widoczne ściany kryształów). We wszystkim piasek ten przypomina piasek wydmy z najbliższej okolicy Krakowa. Krzemionki związanej znalazłem 0.87%, a więc mniej aniżeli w murze gotyckim z połowy XIII w. Wziąć jednak musimy pod uwagę ten moment, że mamy tu do czynienia ze samą powierzchnią muru, w której karbonizacja wapna nastąpiła bardzo szybko tak, że na krzemionkę działał już tylko węgiel wapniowy i że ta część muru była stosunkowo zawsze suchą. Tynk

1) Skład tynku: 27.7% wapna 72.3% piasku.

rz (na planie litera D.) ma piasek o podob-
 nem ziarnie, a związanej krzemionki tylko 0-390/0
 wobec czego musi już być stanowczo od poprzed-
 nego młodszy.

Przyglądając się bliżej murom Rotundy zauważy-
 ków wewnątrz jej na murze w miejscu gdzie się
 schodzą dwie absydy (na planie lit. C.) od strony
 zachodniej, t. j. bezpośrednio z murem obronnym go-
 tyckim się stykającej, nacieki żelaziste, miejscami
 dość silnie wystające poza powierzchnię ściany, two-
 rzące w ten sposób krągłe nieforemne skorupy we-
 wnątrz wypełnione miłkim piaskiem. Skupione są
 one na wysokości 1-go do 1,30 m. nad pierwotnym
 poziomem podłogi Rotundy.

Wygląd i orientacja tych nacieków są takie, że
 nie ulega żadnej wątpliwości, że powstały one do-
 piero po wzniesieniu murów (t. j. nie wmurowano
 kamieni z gotowymi naciekami). Substancją z której
 te nacieki powstały jest niewątpliwie lepsze pias-
 kowca zawierające pokaźną ilość węgla żelaza-
 wego.¹⁾ Chodzi tylko jeszcze o wodę, która powinna
 była stale w tem miejscu przesiąkać przez mur,
 w kierunku mniej więcej do niego prostopadłym, po-
 nieważ n. p. woda zaciekająca jakąś nieszczelnością
 poprzez sklepienie nie byłaby absolutnie wytworzyła
 nacieków tak ukształtowanych.

Wedle badań prof. A. Szyszko-Bohusza, konfigu-
 racja powierzchni gruntu Wawelu była tego rodzaju

¹⁾ Patrz uwaga str. 14.

w miejscu gdzie stoi Rotunda i jej najbliższym otoczeniu, że wody deszczowe spływały ku wschodowi. Wgłębienie zewnętrznego konturu murów w miejscu gdzie się schodzą dwie absydy sprzyjało zatrzymywaniu się wody, która też specjalnie w tem miejscu przesiąkała na wskroś muru aż do wnętrza kościoła. Nagromadzenie się tych nacieków na wysokości 1 m. do 1,30 m. nad pierwotną podłogą świadczy o tem, że po podniesieniu się terenu do tejże wysokości ukształtowanie powierzchni gruntu stało się najbardziej sprzyjające kierowaniu się wód deszczowych w stronę tego załomu murów Rotundy. Takie podniesienie się terenu wymagało pewnej większej przestrzeni czasu, także i tworzenie się nacieków, których twardość i grubość (2—3 $\frac{m}{m}$) są wcale pokaźne. Cały ten spory kilkusetletni okres czasu musiał jednak poprzedzić inkastellację Wawelu z r. 1241, ponieważ dobudowanie muru obronnego do Rotundy wyrównało zupełnie wyżej wsp. załom zewnętrzny murów tak, że w miejscu zetknięcia się absyd nietylko znikły warunki sprzyjające gromadzeniu się wody deszczowej, ale zarazem w tem miejscu cały kompleks murów stał się grubszym aniżeli gdzieindziej, jak to widać ze załączonego obok przekroju¹⁾ tak, że w tem właśnie miejscu było odtąd najmniejsze prawdopodobieństwo przesiąkania, a więc i tworzenia się nacieków. Wreszcie z tegoż przekroju widać, że mur obronny

¹⁾ Str. 9.

21
skierował spływ wody na bok, ku południowi wzdłuż ściany zakrystji, (o ile n. b. nie wykopano przed murem rowu obronnego).

Z dyskusji tego zjawiska nie można oczywiście wyciągać wniosków ilościowych, nie mniej jednak zwłaszcza w połączeniu z innymi przesłankami, rzuca ono pewne światło na sędziwy wiek tej najstarszej na naszych ziemiach budowli murowanej.



ZAUWAŻONE OMYŁKI DRUKU.

Str.	wiersz	zamiast:	ma być:
4	2 od dołu	wiązana	związana
7	9 „ góry	Filipa	Feliksa
9	1 „ dołu	1 † Cl	HCl
12	2 „ „	$P_R = n_R = 4\pi R^2$	$P_R = n_R 4\pi R^2$
13	5 „ „	$\frac{P_R}{P_r} = \frac{r}{R} \sqrt[3]{\frac{n_R}{n_r}}$	$\frac{P_R}{P_r} = \frac{r}{R} = \sqrt[3]{\frac{n_R}{n_r}}$
14	1 „ „	dochodzący	pochodzący
15	9 „ góry	po wyrazie: Rotundy	ma być przecinek
15	14 „ „	$n_r = 130,080$ $n_R = 8952$	$\frac{n_r}{n_R} = \frac{130,080}{8952}$
15	3 „ dołu	białojurejskiego	białojurajskiego
16	7 „ góry	piskowca	piaskowca
17	10 „ dołu	gmachu	gruntu
20	3 „ góry	Wgłębienie	Wgłębienie



BIBLIOTEKA GŁÓWNA

17/5

227909/1

227 909

1

BI-12

32/6