

**Stefan Siła-Nowicki**  
**Inżynier komunikacji.**

## **Klinkier i drogi klinkierowe w Polsce.**

Budowa dróg bitych w Polsce i utrzymanie w należyтым porządku istniejącej sieci dróg kołowych napotyka duże trudności nie tylko dlatego, że na cele drogowe udzielane są niedostateczne kredyty, a czynniki międzynarodowe przejawiają mało zainteresowania tą sprawą, lecz również i wobec braku odpowiednich materiałów dla twardej nawierzchni na znacznym obszarze Rzeczypospolitej Polskiej. Przeszło 40% powierzchni Polski<sup>1)</sup> jest niedostatecznie zaopatrzone w odpowiednie materiały dla budowy i utrzymania dróg, a w tem 17% wcale nie posiada żadnych materiałów. Ponadto prawie połowa obszaru Rzeczypospolitej (część północna) używa dla konserwacji i budowy kamieni narzutowych, pozostałych po ustąpieniu lodowców, jako okruszy skał przeniesionych ze Skandynawji i Finlandji. Zapasy tego kamienia stale zmniejszają się, szczególnie w tych miejscowościach, gdzie przechodzą drogi bite i koleje żelazne, a cena stale wzrasta ze względu na systematycznie wzrastającą odległość dostawy. Materiałów ze skał osadowych zdatnych do budowy, jak piaskowce, posiadamy również w ilości niedostatecznej i tylko 12% powierzchni Polski buduje drogi z tego materiału. Materiałów zaś twardych pochodzenia wulkanicznego, łamanych w skałach, jak granity (Wołyń, Zakopane), bazalty (Berestowiec i Podłużne na Wołyniu), andezyty (Czorsztyn, Szczawnica), diabazy (Niedźwiedzia Góra) i porfiry (Krzeszowice, Miękinia, Regulice), używa się naogół mało, tak ze względu na ograniczoną ilość miejscowości, w których zalegają pokłady tych cennych gatunków kamieni, jak również wobec niekorzystnych warunków komunikacyjnych i znacznych kosztów dostawy kolejami żelaznymi.

Przy tak niedostatecznem zaopatrzeniu rozległych obszarów Rzeczypospolitej w odpowiednie materiały kamienne, oraz ze względu na szybsze obecnie zużywanie się nawierzchni z tłucznia kamiennego z powodu wzmagającego się ruchu samochodowego na drogach, należy zwrócić uwagę na więcej ekonomiczne sposoby budowy i renowacji nawierzchni, oraz na budowę w niektórych miejscowościach dróg z materiałów sztucznych, a w pierwszym rzędzie z klinkieru.

<sup>1)</sup> Według danych prof. inż. M. Nestorowicza — „Przegląd Techniczny“, Nr 40—45, r. 1924.

## Wiadomości historyczne.

Budowę dróg klinkierowych, czyli bruków układanych z cegły wypalanej w specjalnych piecach do stanu zeszklenia się masy, zaczęto stosować przed 120 laty w niektórych miejscowościach Zachodniej Europy, gdzie oddawna odczuwał się brak odpowiednich materiałów do budowy dróg bitych, lub gdzie materiały te były nadmiernie drogie. Pierwsza droga klinkierowa została wybudowaną w roku 1809 w Holandji od Amsterdamu do Haarlem na długości 12·5 km. Nazwa „klinker“ jest pochodzenia holenderskiego i została nadana dlatego, że cegła brukowa, która nosi tę nazwę przy uderzeniu wydaje metaliczny dźwięk i wyróżnia się dużą wytrzymałością na działania atmosferyczne i mechaniczne. W Polsce używamy również nawę „klinkier“, lub rzadziej „kamionka“. <sup>1)</sup>

W pierwszej połowie ubiegłego wieku odnoszono się do budowy dróg klinkierowych z dużym niedowierzaniem i dopiero zaczynając od roku 1840 przystąpiono do systematycznej budowy dróg klinkierowych w innych Państwach Europy i Ameryki. Za przykładem Holandji zaczyna budować bruki z klinkieru Wielkie Księstwo Oldenburgskie. Pierwsza droga w tem Księstwie została zbudowaną w r. 1839 od Oldenburga do Eversa na dług. 4  $\frac{1}{2}$  km. Następnie, poczynawszy od roku 1854, zaczyna się systematyczna rozbudowa dróg klinkierowych w całym Księstwie i do wybuchu wojny światowej, prawie wszystkie drogi Księstwa z małym tylko wyjątkiem — zostały wybrukowane klinkierem. Następne drogi klinkierowe powstały w Księstwie Szlezwig-Holstein i we wschodnich Prusach w okolicach Królewca. Połowę całej powierzchni dróg w tych prowincjach stanowią drogi klinkierowe. Potem zaczęto budować drogi klinkierowe w Hanowerze, Bawarii, jak również na Węgrzech i w Anglii. Szczególnie duże zastosowanie ma klinkier w miastach i na drogach podmiejskich w Stanach Zjedoczonych Ameryki Północnej. Ameryka przystąpiła do budowy dróg klinkierowych w latach 1885—1890 i w ciągu pierwszych kilkunastu lat z rozmachem iście amerykańskim cały szereg większych miast zabrukował swoje ulice klinkierem; W roku 1911, np. władze municypalne miasta Batlimore'a wydały około 5,000.000 dolarów na przebudowę bruków na klinkierowe. Należy tu nadmienić, że w południowo-wschodniej części Ameryki Północnej — jest brak kamieni naturalnych, odpowiednich do budowy dróg, natomiast są tam duże złoża najrozmaitszych glin. Obecnie po 40-letnim doświadczeniu budowa dróg klinkierowych w Ameryce nie tylko, że nie została zaniechana, lecz przeciwnie, drogi te, nie zważając na wzmożony ruch samochodowy konkurują z drogami betonowymi i asfaltowymi i w dalszym ciągu są budowane z dobrym rezultatem. Prawie jednocześnie z Ameryką, a właściwie trochę wcześniej, zaczęła budo-

<sup>1)</sup> We Francji używa się nazwy „la brique vitreuse“, w Anglii — „Vitrified brick“, co znaczy cegła z zeszkloną masą, w Niemczech — „klinker“, w Rosji „klinkier“ lub „zwonczak“.



wać drogi klinkierowe Rosja. Pierwsze próby budowy dróg klinkierowych zapoczątkował rząd rosyjski na ziemiach polskich i pracę tę powierzył inżynierom polakom ś. p. F. Siennickiemu i ś. p. J. Zborowskiemu. Rząd rosyjski zdecydował się przystąpić do budowy dróg klinkierowych zmuszony ostateczną koniecznością doprowadzenia do należytego stanu dróg bitych państwowych w Lubelszczyźnie, stan których był wprost rozpaczliwy z braku odpowiednich materiałów dla ich konserwacji. Południowa część Lubelszczyzny leży w pasie formacji kredowej i jest nadzwyczaj ubogą w twarde gatunki kamienia. Miejscowy materiał nie nadaje się do budowy i konserwacji dróg bitych, jest nadzwyczaj miękki, prędko ścierający się od przejazdu i rozmiękczający się od deszczów — wapniak, względnie mocniejszy — krzemienno-muszlowy konglomerat rejowiecki. Szosa Zamojska (Lublin — Piaski — Zamość — Bełzec) zbudowana z tego kamienia w roku 1845, nie zważając na systematyczną konserwację, była zawsze prawie na wiosnę i jesienią w stanie niezadawalającym. Cena na kamień miejscowy szybko rosła i w roku 1882 przetarg na dostawę tłucznia wcale nie odbył się z braku dostawców. Ten stan rzeczy, oraz przykład Państw europejskich, zmusił rząd rosyjski do zdecydowania się na zastosowanie materiału sztucznego i w tym celu była dokonana w roku 1882 pierwsza próba budowy drogi z tłucznia klinkierowego na 10—11 km, szosy Radzywińskiej, a jednocześnie zostali delegowani do Niemiec i Holandji inż. F. Siennicki i J. Zborowski dla szczegółowego zbadania i zapoznania się z budową i urządzeniem fabryk dla wyrobu klinkieru, oraz budową i konserwacją dróg klinkierowych. Pierwsza fabryka dla wyrobu klinkierów (klinkiarnia) na ziemiach polskich została zbudowana w Zamościu przez inż. Siennickiego z piecem gazowo-wypalowym systemu Mendhejma o 10 komorach przy szosie Lublin — Zamość — Bełzec w roku 1883.<sup>1)</sup> Klinkiarnia ta jest czynną bez przerwy do dnia dzisiejszego. Mniej więcej w tym samym czasie (1884 r.) rząd rosyjski buduje drugą klinkiarnię w Topczewie gub. Czernihowskiej, jednak z piecem systemu Hofmana, oraz przystępuje do budowania dróg klinkierowych pod Ekaterynodarem. Należy tu nadmienić, że klinkier wypalany w Zamościu i Topczewie był rozbijany na tłuczeń i w tym stanie używany do budowy dróg aż do roku 1903. Na podstawie 20-letniej praktyki i nadzwyczaj dodatnich wyników eksploatacji klinkiarni Zamojskiej, rząd rosyjski przystępuje do dalszej budowy klinkiarni na ziemiach Polskich i w roku 1903—1904 b. Warszawski Okręg komunikacji buduje klinkiarnię w Izbicy, w pow. Krasnostawskim, powierzając budowę inż. J. Zborowskiemu, a w roku 1909 w Białopolu, pow. Hrubieszowskiego przy szosie Uściługskiej (obecnie państwowej Chełm — Hrubieszów Nr. 6/2), powierzając robotę inż. K. Cwietkowskiemu, który uprzednio był delegowany do Niemiec, Holandji i Anglii dla szczegółowego zapoznania się z fabrykacją klinkierów, oraz wy-

<sup>1)</sup> Budowa klinkiarni została ukończona 31. XII. 1883 r., a eksploatację jej rozpoczęto 24. II. 1884 r.

boru odpowiednich maszyn. Na koniec czwarta państwowa klinkiernia w Polsce została zbudowana w roku 1913 w Budach, Pow. Tomaszewskiego przy szosie Zamojskiej (obecnie Lwowskiej Nr. 9) przez inż. Zborowskiego. Oprócz powyższych czterech państwowych klinkierni w Lubelszczyźnie, zbudowanych i administrowanych przez b. Warszawski Okręg Komunikacji, została zbudowaną również przez inż. J. Zborowskiego prywatna klinkiernia w Lublinie w r. 1906 (własność Ciświckiego i Kipmana), która wyrabiała klinkier dla brukowania ulic m. Lublina. Zawdzięczając tej klinkierni, główne ulice Lublina przed wojną światową zostały bardzo przyzwoicie wybrukowane, przyczem większa część tych bruków przetrwała do dziś bez żadnej konserwacji od roku 1915, t. j. od czasu zniszczenia przez Rosjan podczas odwrotu klinkierni Lubelskiej.

Miasto Zamość również jeszcze przed wojną wybrukowano klinkierem, który okazał się bardzo wytrzymałym, a miasto to swoimi brukami dodatnio wyróżnia się wśród innych miast pow. b. Kongresówki. W roku 1924—1925 m. Hrubieszów wybrukowało szereg ulic i dojazd do stacji klinkierem białopolskim na ogólnej przestrzeni 28.000 m<sup>2</sup> bruku klinkierowego. Z wyżej wymienionych czterech klinkierni państwowych, klinkiernia w Izbicy o 12 komorach została zniszczona przez Rosjan podczas odwrotu w roku 1915 i jest nieczynna. Projekt odbudowania tej klinkierni przez rząd Polski powstał w r. 1921, lecz z braku funduszy i małego zainteresowania się tą sprawą, upadł. Obecnie ponownie powstaje myśl odbudowania klinkierni w Izbicy wspólnymi siłami Sejmików Powiatowych w Chełmie i Krasnymstawie i myśl tę należy uważać za szczęśliwą, ponieważ uruchomienie klinkierni da możliwość zaopatrzyć wspomniane powiaty w dobry i trwały materiał dla dróg, budowa których nie może postępować w należyty sposób z braku odpowiednich materiałów na miejscu. Pozostałe trzy klinkierne w Białopolu, Zamościu i Budach były uszkodzone przez Rosjan w r. 1915 nieznacznie i zostały uruchomione przez okupantów 1916 r., a później w r. 1921 przez rząd Polski pod kierownictwem ś. p. inż. J. Zborowskiego, który został mianowany naczelnym inżynierem klinkierni państwowych polskich.

W roku 1922 wszystkie trzy klinkierne zostały z polecenia Ministerstwa Robót Publicznych wydierżawione Powiatowym Związkom Komunalnym, z których Związek Tomaszowski w r. 1925 zrzekł się dzierżawy klinkierni w Budach. Klinkiernia ta po przeprowadzeniu gruntownej naprawy będzie ponownie uruchomiona w roku bieżącym i prowadzona przez Okręgową Dyрекcję Robót Publicznych w Lublinie, jako państwowe przedsiębiorstwo przemysłowo-handlowe na zasadach samowystarczalności. Klinkiernię w Białopolu dzierżawi Spółka „Sejmik Hrubieszowski i inż. K. Danowski“, a w Zamościu — Sejmik Zamojski.

Obecnie powstał i jest w toku opracowania projekt budowy nowych klinkierni w Lublinie, Chełmie i Janowie Lub.



## **Charakterystyka gliny używanej do wyrobu klinkieru.**

Do wyrobu klinkieru rzadko kiedy nadaje się glina bez jej uprzedniej obróbki i tylko w wyjątkowych miejscowościach zalegają gliny, które bez przygotowania mogą być poddawane wprost do maszyny do wyrobu surówki. Zwykle glina znajduje się w przyrodzie w postaci mniej lub więcej znacznych uwarstwowień, przyczem pojedyncze warstwy różnią się między sobą zarówno właściwościami fizycznymi, jak i chemicznymi. Praktyka wykazała, że do wyrobu klinkieru powinna być używana glina, zajmująca pośrednie miejsce między gliną tłustą i chudą. Tłusta glina przy wysychaniu, tracąc wodę przez parowanie, znacznie zmniejsza się w objętości, kurczy się i pęka. Zbyt znacznego zmniejszenia się w objętości przy wysychaniu gliny można uniknąć, dodając do gliny tłustej materiału schudzającego, n. p. piasku kwarcowego. Glina chuda zawiera różne domieszki w postaci twardych, ziarnkowatych ciał, zawdzięczając którym jest więcej porowatą i prędzej wysycha. Obecność w glinie chudej twardych ziarn przeszkadza plastycznej masie gliniastej zbyt kurczyć się w czasie wysychania. Bardzo chuda glina nie zawiera dostatecznej ilości lepiszcza z tłustej gliny dla związania twardych substancji, wchodzących w jej skład i część przestrzeni między temi substancjami, wypełnia woda. Przy wysychaniu takiej gliny i wyparowaniu wody osłabia się związek między poszczególnymi cząsteczkami i wystarczą nieznaczne natężenia, aby wywołać pęknięcia w masie gliny. Z gliny chudej może być jednak wyrobiony dobry klinkier, o ile temperatura topliwości nie jest zbyt wysoka. Glina, nadająca się do wyrobu klinkieru powinna zachowywać po wypaleniu nadane jej uprzednio formy przed wypaleniem. Właściwość ta zależy od rodzaju schudzającego materiału, jego ilości, równomierności podziału w masie gliny, oraz od stopnia trudności topliwości. Glina chuda jest pod tym względem więcej odpowiednia, jak tłusta.

Glina, która ma służyć do wyrobu klinkieru, powinna być gęstotopliwa (trudnotopliwa.) Gęstotopliwość pozwala doprowadzić wypalanie surówki do stopnienia się jej w szklistą, prężną, ścisłą, niewchłaniającą wilgoci masę o prawidłowych formach. Wobec tego glina klinkierowa nie powinna zawierać ponad pewną, określoną praktyką normę takich domieszek, które powodują zbyt łatwotopliwość. Jednak pewna ilość topów w glinie klinkierowej jest niezbędna, ponieważ klinkier musi być spieczony, a czem niższa temperatura spiekania, tem koszt wypalenia będzie również niższy. Najwięcej pożądanym topem jest tlenek żelaza (6—10%), ponieważ obecność jego powoduje gęstotopliwość. Łatwotopliwe domieszki, jak n. p. wapno w ilości przekraczającej 4%, powinno być unikane. Wapno w obecności krzemu tworzy bardzo łatwotopliwą krzemowapienną sól, co utrudnia otrzymanie klinkieru prawidłowej formy. Surówka, zawierająca większą ilość wapna po załadowaniu do komory pieca, nie wytrzymuje podczas wypalania ciśnienia wyżej leżących cegieł i spieka się z sąsied-

niemi cegłami, tworząc niekształtne bryły. Ponadto wapno pod działaniem wysokiej temperatury wydziela kwas, który wychodząc z masywu cegły, tworzy w niej szczeliny i deformuje takową. Bruk ułożony z takiej cegły prędko niszczy się pod działaniem mrozów. Sole sodu i potasu, wydzielając kwasy tworzą z zasadami zawartymi w glinach łatwotopliwe połączenia, jednak sole te mogą zastąpić pewną ilość związków żelaza i od tej zamiany wartość klinkieru nie ucierpi.

Obecność magnezji powoduje łatwotopliwość. Ponieważ przydatność gliny do wyrobu klinkieru zależy od ilości, jakości i warunków wolnego lub związanego stanu wchodzących w jej skład części, przeto poznanie analizy chemicznej gliny może wyjaśnić związek, jaki istnieje między składowymi częściami gliny, a właściwościami otrzymywanymi po wypaleniu. Chemicznie czysta glina spotyka się w przyrodzie bardzo rzadko, jest zwykle koloru białego i nadmiernie ogniotrwała. Czysta glina tak zwany kaolin, rozpatrywany w chemji, jako wodny krzemian glinu składa się z krzemu ( $\text{Si}$  i  $\text{O}_2$ ) — 46,3%, glinu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) — 39,8%, wody ( $\text{H}_2\text{O}$ ) — 13,9%, w ogniu zwykłych pieców do wypalania wyrobów glinianych nie topi się i zatrzymuje porowatą, nieścistą konsystencję. Kaolin zmieszany z czystym piaskiem kwarcowym daje nietopliwą, ale spiekającą się przy przy wysokiej temperaturze masę podobną do szkła.

Glina klinkierowa również jest dostatecznie oporną na działanie ognia, jednak nie w takim stopniu, jak glina ogniotrwała; przy pewnej temperaturze (1500°—1800° C w zależności od składu chemicznego) glina klinkierowa stapia się w szklistą, prężną masę. Do jednej z najlepszych glin klinkierowych zalicza się glina, wydobywana w okolicach wsi Bockhorn koło Neuenburga w Oldenburgu; klinkier wyrabiany z gliny pochodzącej z miejscowości Bockhorn, Neuenburg, Jeringhare i Borgstede w ks. Oldenburgskiem uznaje się za najlepszy i najmocniejszy i powszechnie jest znany pod nazwą „Bockhorner klinker“. Skład gliny z Bockhorna jest następujący:

krzemu (krzemionki) . . . . .	70,22%
glinu . . . . .	13,67%
tlenku żelaza . . . . .	6,70%
magnezji . . . . .	1,30%
wapna . . . . .	—
potasu . . . . .	3,37%
sodu . . . . .	—
wody . . . . .	5,30%

Glina ta jest średnio tłusta z odpowiednią domieszką tlenku żelaza i zupełnie nie zawiera wapna. Skład glin używanych do wyrobu klinkieru w polskich państwowych klinkierniach jest następujący:



	Zamość	Białopole	
		I	II
krzemu . . . . .	79,00%	80,11%	78,4%
glinu . . . . .	9,40%	8,70%	2,8%
tlenku żelaza . . . . .	2,83%	3,04%	10,8%
magnezji . . . . .	0,66%	0,21%	0,4%
wapna . . . . .	0,83%	0,85%	2,7%
potasu i soli sodowych	2,93%	—	—
wody . . . . .	4,31%	6,20%	3,7%
innych . . . . .	—	0,89%	1,2%

Gliny używane w polskich klinkierniach państwowych, wobec dużej zawartości w nich krzemu są na ogół trudnotopliwe i wymagają wysokiej temperatury przy wypalaniu. Ilość tlenku, lub nadtlenu żelaza w glinie wpływa na kolor klinkieru po wypaleniu, przyczem ciemniejsze kolory otrzymują się przy większej odsetkowej zawartości nadtlenu żelaza, jaśniejsze zaś kolory — przy mniejszej zawartości. Należy tu nadmienić, że przy temperaturze wypalania do białości, topniki wchodzące w skład gliny rozmiękczają się i jakby cementują poszczególne cząsteczki cegły. W tym stanie klinkier przedstawia już jedną całość, a nie mechaniczną mieszaninę poszczególnych składowych części trzymającą się wzajemnym przylepianiem cząsteczek. Przy następnym zwiększaniu temperatury do 1500—1800° C masa wypalanej cegły zdradza pewną skłonność do poruszania się swych cząsteczek, przyczem cegła zmniejsza się w objętości i otrzymuje się największą gęstość, jaka tylko może być nadana masie ceglanej. Przy następnym zwiększaniu temperatury powstaje ogólne zdeformowanie kształtów nadanych cegle klinkierowej, cegła staje się porowatą i nieprężną. Stan cegły, przy którym cegła posiada największą gęstość i prężność, nazywa się stanem klinkierowym. Stan ten przypada na początku procesu zeszklenia się masy.

## Przygotowanie gliny.

Przygotowanie gliny polega na zastosowaniu pewnej obróbki w celu usunięcia twardych szkodliwych domieszek, oraz nadaniu wydobytej glinie właściwości niezbędnych dla wyrobu klinkieru o jednolitej masie i wytrzymałości.

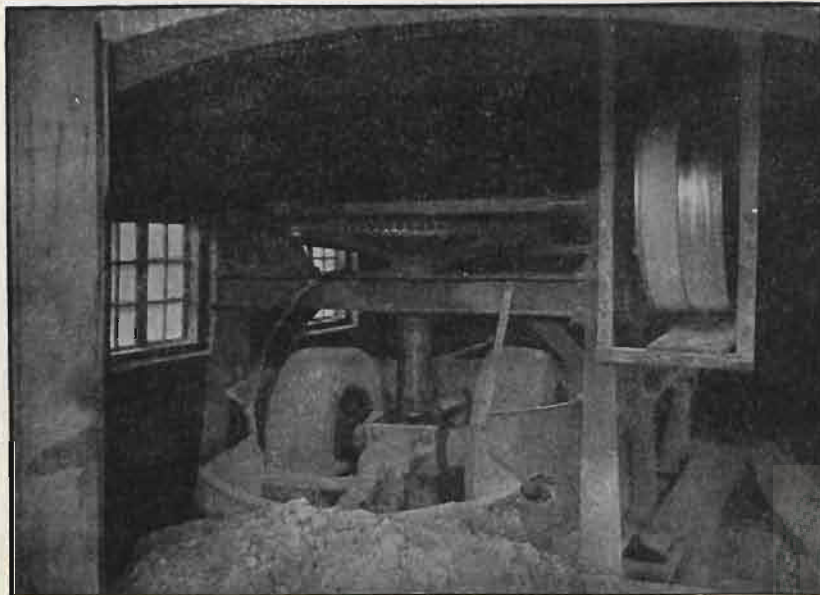
Wszystkie twarde domieszki, jak kamienie, margiel, stwardniałe kawałki gliny etc. muszą być usunięte, lub zmielone, ponieważ utrudniają one formowanie surówki i powodują jej nierównomierne zsychanie się, a w czasie wypalania są nadzwyczaj szkodliwe wobec znacznego rozszerzania się przy nagrzewaniu i szybkiego kurczenia się przy ochładzaniu, wywołując pęknięcia klinkieru.

Wybieranie kamieni przy większej ilości takowych stanowi dość kosztowną operację, jednakże czynność ta nie może być w żadnym razie zaniechana, ze względu na niepożądane następstwa (pęknięcia materiału). Jeżeli glina jest tłustą i zawiera kawałki kwarcu, kamieni, tlenku żelaza i t. p., to należy taką glinę przewalcować, a skruszone w ten sposób kamienie nie będą szkodliwe, przeciwnie w stanie zmielonym mogą być nawet pożyteczne, jako materiał schudzający. Wyzbycia się części twardych i nadania glinie plastyczności można osiągnąć długotrwałym wymoczywaniem gliny, którą należy obficie polewać wodą w okresie poprzedzającym kilka miesięcy wyrób surówki. Przy polewaniu wodą odbywają się w glinie procesy w części chemicznego, w części bakteriologicznego charakteru nazywane czasem „lasowaniem gliny“. Dla nadania masie gliny jednolitości, glinę poddaje się gnieceniu. W celu nadania glinie odpowiedniej plastyczności, lub uzyskania właściwej topliwości, miesza się ją z innymi gatunkami glin, przyczem jako domieszki schudzające mogą być używane oprócz piasku lub skruszonych na piasek kamieni, również sproszkowane kawałki dobrze wypalanej gliny tego samego gatunku. Glina dobywana w jednej i tej samej kopalni często różni się swoim składem i dlatego niezbędnem jest zwrócić uwagę na staranną mieszaninę glin branych z różnych warstw w celu uzyskania jednolitości masy dla wytwarzania klinkieru o jednakowych zaletach. Bruk ułożony z różnorodnych cegieł klinkierowych nie będzie trwały, ponieważ miększe, mniej wytrzymałe cegły od uderzeń kół pojazdów i kopyt końskich prędko popękają i wykruszą się. Jednolitość masy przygotowywanej gliny ma doniosłe znaczenie dla wytwarzania klinkieru o jednakowej mocy wszystkich cegieł wyrabianych z tej gliny, jak również i jednakowej mocy wszystkich cząsteczek pojedynczych cegieł. Glina przygotowana dla wyrobu klinkieru musi być doprowadzana do takiego stanu, aby zrobione z niej poszczególne cegły nie zawierały w sobie żadnych zgęstków, ziaren, lub postronnych domieszek. Nasze gliny przy państwowych klinkierniach posiadają różnorodny skład, zawierając dużo twardych domieszek i potrzebują przed formowaniem dokładnej obróbki, nadania im dostatecznej plastyczności i drobnego przemiału. W państwowych klinkierniach w Lubelszczyźnie glina kopana jest ręcznie i dostarcza się za pomocą kolejki wążkotorowej o trakcji konnej, na specjalnie wyznaczone miejsce w pobliżu głównego budynku fabrycznego, gdzie składa się w kopce, tak zwane „hołdy“.

Glina zsypana w kopce podlega dobroczynnemu działaniu mrozów, deszczu i śniegu, wietrzeje, robi się sypka, o jednorodnej masie. Zwożenie gliny na kupy odbywa się zawczasu najlepiej na rok naprzód przed kampanją, szczególnie jeżeli kampanja, jak na państwowych klinkierniach trwa w ciągu całego roku. Jeżeli zaś kampanja trwa od kwietnia do października, jak to ma miejsce w Anglii i Holandii, to glina zazwyczaj zwozi się jesienią roku poprzedzającego kampanję. Wytrzymanie gliny w kupach jest konieczne dla uzyskania dobrych gatunków klinkieru. Podczas wytrzymywania gliny w kupach pożytecznem jest przewracać ją i polewać wodą.



Dla doprowadzenia gliny do stanu plastycznego, używa się ponadto na państwowych klinkiarniach gniotowników firmy „Pullan et Mann“ o średnicy 2,15 mtr. (Białopole). Dno tego gniotownika jest nieruchome, po którym toczą się dwa koła o średnicy 1 mtr. przeciskające wilgotną masę gliny przez stalową kratę dna (rys. 1). Ponieważ glina kopana na terenach pań-



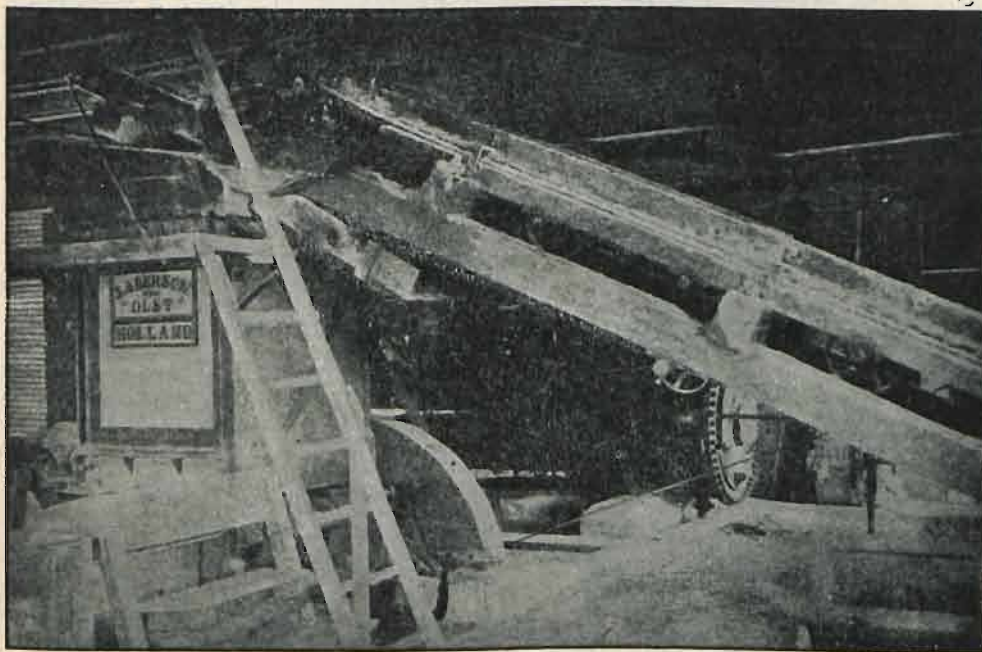
Rys. 1.

stwowych klinkiarni jest niejednolita i stanowi właściwie kilka gatunków glin, zaczynając od chudych, aż do tłustych, oraz zawiera domieszki marglu i kamieni wapiennego i granitowego pochodzenia, należy zaopatrzyć wszystkie państwowe klinkiarnie w stożkowe, lub okrągłe walce dla uzyskania dobrego przemiału.

### **Wyrób surówki.**

**Formowanie:** Należycie przygotowaną glinę za pomocą elewatora (rys. 2) dostarcza się do prasy, t. j. maszyny wyrabiającej surówkę. Maszyn tych jest kilka rodzajów. Na wszystkich państwowych polskich klinkiarniach zostały przyjęte prasy systemu Abersona. Maszyny to odróżniają się od innych tem, że formują surówkę w piasku i dają klinkier o powierzchni szorstkiej. Prasy Abersona wyrabiają surówkę w sposób przypominający wyrób ręczny, a ponieważ utarło się zdanie, że ręczne formowanie surówki jest najbardziej dokładne, więc i maszyny produkujące w sposób analogiczny, lecz z daleko większą wydajnością, również zostały

uznane za najlepsze. Prasę Abersona stanowi czterokątna skrzynia, w której poruszają się noże i ślimaki wypychające wtłoczoną glinę do podstawionych z dołu form (rys. 3). Przed wrzuceniem do prasy, glinę polewa się wodą dla nadania potrzebnej plastyczności i odpowiedniej gęstości tak, że glina wchodzi do prasy w stanie zwartego ciasta. Wodę podaje się bez przerwy zapomocą pompy poruszanej lokomobilą. Prasa Abersona używana na klinkierniach państwowych ma wydajność 1000 do 1200 sztuk surówki na godzinę i porusza się zapomocą lokomobili (o sile 40 HP).<sup>1)</sup> Wypychana przez prasę glina trafia do form, z których każda posiada 5 gniazd i dlatego niema w danym wypadku przecinania glinianej wstęgi,



Rys. 2.

jak np. przy często używanych w cegielniach prasach Szlikejzena. Prasa Szlikejzena była uprzednio używana w państwowej klinkierni w Zamościu, lecz potem została zamieniona na maszynę Abersona.

Prasy, dające wstęgę glinianą, jak wykazała praktyka, nie nadają się do wyrobu klinkieru i wogóle cegły brukowej wobec wad jakie posiadają. Nacięcia ślimaka, wypychającego z cylindra glinianą wstęgę, pozostawiają na tej wstędze o ile nie ślad, to pewną krzywą powierzchnię, po której w przyszłości klinkier łatwo pęka. Przy statycznych obciążeniach, jakim podlega cegła budowlana, ze zjawiskiem tem można się godzić, lecz dla

<sup>1)</sup> Lokomobila ta porusza jednocześnie elewator, windę, gniotownik, pompę dla wody etc. Wystarczy 25 HP.



klinkieru, będącego pod działaniem stałych dynamicznych obciążeń, taka słoistość (warstwowość) jest niedopuszczalna. Ponadto otrzymywana z tych maszyn surówka musi być dotykana rękami, co niema miejsca w maszynach Abersona. Należy nadmienić, że maszyny Abersona mogą służyć do formowania tylko glin plastycznych. Maszyny te są nadzwyczaj rozpowszechnione w Holandji, gdzie klinkier wyrabia się prawie wyłącznie na prasach tego typu. Amerykańscy inżynierowie również uznają tę maszynę za bardzo dobrą do wyrobu klinkieru i nazywają tego typu maszyny „Soft-mud brick-Mashine“. W New-York'u maszyny te wyrabia znana firma „W. E. Tallcot et Co.“

Przy suchym lub półsuchym procesie przygotowania gliny w Ameryce



Rys. 3.

i południowej Anglii używają się prasy t. zw. amerykańskie. Maszyny te, będąc znacznie silniejsze od opisanych typów (Abersona i Szlekejzena) mają do czynienia wyłącznie z półsuchą gliną dostarczaną w postaci wilgotnego proszku. Przygotowany materiał włacza się prasą pod dużym ciśnieniem do form metalowych, poddaje się kilku intensywnym uderzeniom drążka prasowego i również mechanicznie wypycha się z form. Otrzymana w ten sposób surówka ma suchy, ładny wygląd i może być bezpośrednio nawet ładowana do komór dla wypalania. Zwolennicy suchego procesu przygotowania gliny i surówki wymieniają następujące jego zalety: zupełny brak, lub bardzo krótki okres suszenia surówki, co oczywiście wpływa na kosztą produkcji, mniejsze zmiany w objętości cegły przy suszeniu

i wypalaniu, co nie powoduje nadmiernej deformacji, oraz większa gęstość cegły i większa odporność na wpływy atmosferyczne i dynamiczne. Nie znaczy to jednak, aby dobry klinkier był otrzymywany tylko przy suchym procesie. Dowodem tego jest Holandja, gdzie specjalnie dobre gatunki klinkieru wyrabiane są z bardzo plastycznych (mokrych) glin. Dobry, ściśły klinkier może być również otrzymany przy procesie plastycznym, przy zastosowaniu dodatkowego prasowania (dotłaczania) po upływie pewnego czasu, po wyjściu surówki z pod prasy Abersona. Przygotowanie gliny i wyrób surówki na polskich państwowych klinkierniach było wzorowane na sposobach stosowanych w Holandji, w okolicy Over-Issel. Jednak charakter gliny holenderskiej nie wymaga powtórnego prasowania, a wypalanie surówki odbywało się w specjalnych piecach holenderskich, w któ-

rych czas trwania wypalania wynosił 340—840 godzin, przy stosunkowo nie wysokiej temperaturze.

Gлина zaś wydobywana na terenach przyległych do naszych państwowych klinkiarni nie posiada tych właściwości co holenderska, a poza tem wypalanie surówki odbywa się u nas w ciągu 36—48 godzin w gazogeneratorowych piecach Mendhejma, dających bardzo intensywny płomień, wobec czego okazało się niezbędnym stosowanie dodatkowego prasowania.

**Dotłaczanie** (sztancowanie). Klinkier używany do brukowania powinien być struktury gęstej, nie wchłaniać wilgoci, oraz posiadać prawidłową formę z dobrze wykończonymi kantami, aby go można było równo układać jeden obok drugiego i stworzyć gładką powierzchnię bruku. Przymioty te (gęstość i dobra forma), jak wykazała praktyka, mogą być osiągnięte tylko zapomocą dotłaczania. Ponadto dotłaczanie daje możność podczas wypalania stopić poszczególne cząsteczki surówki w dzwiczną, gęstą masę, nie deformując nadanej cegle formy. Jak doniosłą wagę przywiązują amerykanie do dodatkowego prasowania (dotłaczania), może posłużyć przykład, że władze w Clicago jeszcze w r. 1897 wydały zarządzenia nakładające obowiązek powtórnego prasowania klinkieru używanego do budowy bruków miejskich. Obecnie zaś większość miast amerykańskich stosuje również to zarządzenie, wymagając przytem, aby dotłaczanie odbywało się w ten sposób, żeby jaknajwiększą ilość materiału była wtłoczona w objętość cegły. Przy suchym procesie wyrobu surówki dotłaczanie może odbywać się bezpośrednio po wyjściu z maszyny, do wyrobu surówki i dlatego w tym wypadku dotłaczanie wykonuje się prasami maszynowymi. Przy plastycznym procesie, jak to ma miejsce w polskich klinkiarniach, surówka po wyjściu z maszyny Abersona, otrzymuje się w stanie zbyt mokrym i dlatego bezpośrednie powtórne prasowanie nie da pożądaných wyników.

W tym wypadku surówka musi być uprzednio wysuszona w suszarni, aby uzyskać taki stan surówki, przy którym dotłaczanie da najlepszy rezultat. Suszenie surówki przed dotłaczaniem trwa około 2-ch dni. Prasy używane na polskich państwowych klinkiarniach są ręczne, na kołach i dają się łatwo przesuwac z miejsca na miejsce. Prasy te zostały wybrane dla tego, że w razie ustawienia prasy maszynowej, poruszanej lokomobilą, prasę taką należałoby zmontować w maneżu, t. j. gdzieś blisko oddziału maszyn, a co spowodowałoby transportowanie surówki z suszarni do prasy i z powrotem do suszarni, zwiększając znacznie koszta produkcji. Ręczna prasa „Bedford XLCR“ używana na polskich klinkiarniach (rys. 4) posiada ruchome formy, przesuwające się na prasie w bocznym kierunku i naprzemian podlegające działaniu dźwigni. Naciśnięcie na dźwignię wywołuje jednocześnie dwa efekty, dotłaczanie jednej cegły i automatyczne wypychanie drugiej z formy. Każda ścianka formy może być łatwo wyjęta. Otrzymywana po prasowaniu surówka ma równe krawędzie i prawidłową formę i nie wymaga jakich bądź dodatkowych podskrobań. Wydajność prasy „Bedford XLCR“ wynosi około 400 cegieł na 1 godzinę.



**Suszenie.** Po skutecznieniu powtórnego prasowania surówkę poddaje się dalszemu suszeniu w suszarni urządzonej w polskich państwowych klinkierniach na 2 piętrze w głównym budynku fabrycznym, nad piecem Mendhejma, lub w t. zw. letnich suszarniach, szopach zbudowanych w dziedzińcu klinkierni.

Po wyjściu z prasy Abersona surówka znajdująca się w formach po 5 szt. w każdej, wyrzuca się ostrożnie, przewracając formy, na specjalne deszczółki t. zw. klepki lub planszety. Surówka ułożona na klepkach ładuje



Rys. 4.

się na wózki i za pomocą wążkotorówki transportuje się do windy i dalej windą do suszarni nad piecem, lub wprost do szop na podwórzu. W suszarni znajdują się półki, na których układa się klepki ze znajdującą się na nich surówką. Gdy surówka dostatecznie stwardnieje, co następuje zwykle po 4—5 dniach, surówkę zdejmuje się z klepek i ustawia się na kant bezpośrednio na półkach dla dalszego suszenia a następnie zdejmuje się i układa się na podłodze suszarni, gdzie pozostaje aż do chwili załadowania do pieca. Półki w suszarni zrobione są z dwóch łąt w ten sposób ułożonych, że cegła (surówka) podparta jest w 2-ch miejscach (rys. 5). Takie urządzenia półek ułatwia równomierne wysychanie

surówki. Przy suszeniu surówki w suszarni nad piecem, należy zwracać uwagę, aby dopływ ciepłego powietrza przez otwarte wentylatory nad piecem odbywał się stopniowo i równomiernie, w przeciwnym bowiem razie zbyt i gwałtownie gorąco może spowodować popękanie surówki. Należy również w miarę potrzeby regulować dopływ świeżego zewnętrznego powietrza, za pomocą wentylatorów umieszczonych w dachu nad suszarnią.

Po wysuszeniu należy surówkę dokładnie obejrzeć i zawierającą szczeliny lub popękania wysortować i w żadnym razie do pieca nie ładować. Przy przewożeniu wysuszonej surówki z suszarni do pieca zwracać

uwagę, aby krawędzie nie zostały uszkodzone i dla tego lepiej jest zwozić surówkę zapomocą windy (elewatora), jak zsuwać ją na deskach, co często jest praktykowane ze względu na szybkość i taniość tego rodzaju transportu.

Wymiary klinkieru. Mówiąc o wyrobie surówki należy nadmienić, jakie wymiary powinien mieć klinkier używany do budowy i konserwacji dróg. Polskie państwowe klinkiernie wyrabiają klinkier po wypaleniu o wymiarach

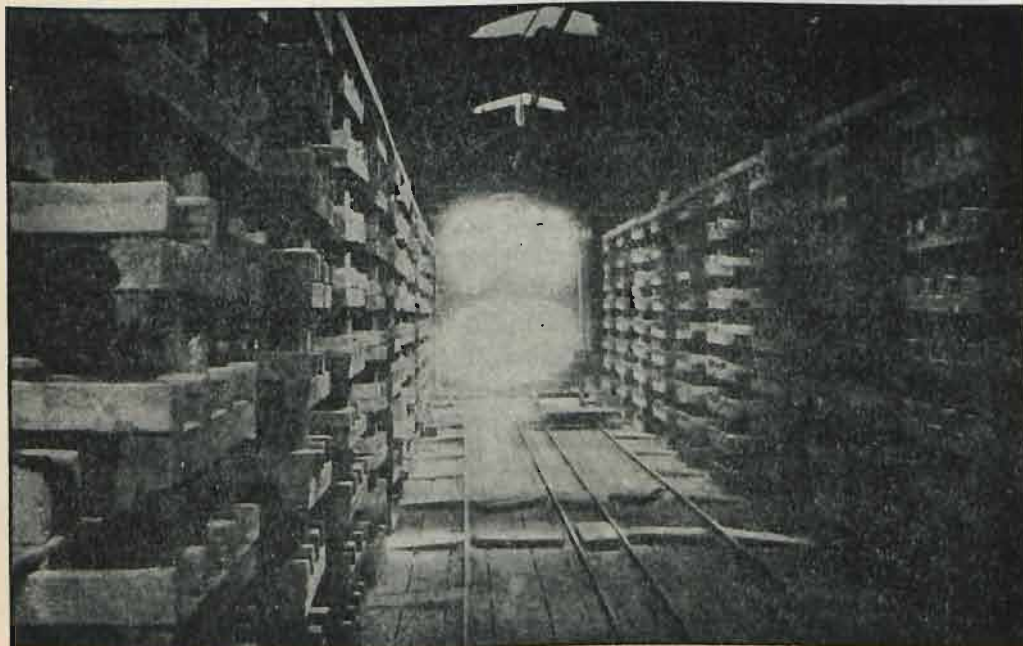
$$222 \times 115 \times 64 \text{ m/m } (8\frac{3}{4}'' \times 4\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}'')$$

surówka zaś przygotowywana na prasie Abersona ma wymiary

$$234 \times 121 \times 70 \text{ m/m } (9\frac{1}{4}'' \times 4\frac{3}{4}'' \times 2\frac{3}{4}'')$$

Wymiary te wzięte są z Holandji.

Amerykański klinkier ma kilka wymiarów: zwykła długość 8,5'', szerokość od 3'' do 4'', grubość od 2,5'' do 3,5'', najczęściej spotykamy wymiar  $8,5'' \times 4'' \times 2,5''$  ( $216 \times 102 \times 64 \text{ m/m.}$ ) Wymiary klinkieru są wogóle mniejsze od zwyczajnych normalnych naszych cegieł budowlanych. Na zachodzie Europy wymiary klinkieru są naogół większe od naszych, co



Rys. 5.

się tłumaczy tem, że zagranicą prawie że nie istnieją fabryki, któreby wyrabiały wyłącznie tylko klinkier. Dla fabryk prywatnych korzystniej jest otrzymywany przy wypalaniu niedopał sprzedawać, jako cegłę budowlaną (zendrówkę lub wiśniówkę), a nie, poddawać ją powtórному wypalaniu,



jak to miało miejsce w fabrykach lubelskich za rządów rosyjskich, gdzie klinkiernie zbudowane były wyłącznie tylko dla celów budowy a potem konserwacji dróg i z takim obliczeniem, że roczne zapotrzebowanie klinkieru dla konserwacji było obliczone na pełną produkcję klinkieru. Obecnie Sejmiki Hrubieszowski i Zamojski, dzierżawiące klinkiernie państwowe nie poddają powtórnemu wypalaniu otrzymanego niedopału, lecz używają go na swoje potrzeby budowlane, względnie sprzedają na stronę. Wymiary klinkieru, a szczególnie jego grubość, w pierwszym rzędzie uzależnia się od procesu wypalania. Wypalanie jest najtrudniejszą czynnością przy fabrykacji klinkieru. Załadowana do komór pieca surówka wymaga z początku poddania jej stopniowo zwiększającej się temperaturze dla uzyskania pewnej mocy, a potem w przeciągu krótkiego czasu bardzo wysokiej temperatury, która wypalany klinkier hartuje.

Cegła cieńsza łatwiej i równomierniej wypala się i nie otrzymuje tylko zewnętrznej skorupy, lecz wypalanie przenika głębiej do wnętrza. Żeby wypalanie przeniknęło do samego środka cegły, praktyka wykazuje, że grubość cegły nie powinna być większą od 5—6 cm. Przy takiej grubości cegły, przy starannem regulowaniu ognia otrzymuje się bardzo dobry klinkier. Zmniejszenie tej grubości dałoby co prawda większą gwarancję, że klinkier równomiernie i lepiej wypalałby się, lecz za to otrzymany produkt byłby za słaby dla szosy, która zawierałaby więcej fug, a więc i więcej podlegających wykruszeniu krawędzi.

Przy wypalaniu klinkieru na chodniki grubość ta może być zmniejszona do 4 cm., ponieważ klinkier układa się w tym wypadku na płask. Sprawa wymiarów klinkieru była omawiana w zagranicznej literaturze dość szeroko i wywody teoretyczne i praktyczne dały mniej więcej zgodny wynik, że najwięcej odpowiednim wymiarem dla klinkieru używanego do budowy dróg kołowych byłby wymiar  $200 \times 100 \times 50$ —60 mm. Wymiary polskiego klinkieru wypalanego w państwowych klinkierniach ( $210 \times 108 \times 60$  mm) są uzależnione od maszyn, które zamawia się z zagranicy, lecz dają klinkier bardzo mocny, w zupełności zabezpieczający gładką nawierzchnię szosy i bardzo dogodny dla drobnej naprawy jezdni przy konserwacji.

### **Wypalanie klinkieru w piecach systemu Mendhejma.**

**Załadowanie pieca surówką:** Należy wysuszoną i przeznaczoną do wypalania surówkę przewozić do odpowiedniej komory (przedziału) pieca na wózkach za pomocą wążkotorówki, lub na taczkach i ustawia się na podłodze komory regularnymi rzędami, wypełniając cały przedział, aż do wierzchu. Surówka powinna być układana w taki sposób, aby w odstępach między poszczególnymi cegłami była pozostawiona niezbędna dla cyrkulacji płomienia przestrzeń. Każdy następny rząd surówki stawia się prostopadle do poprzedniego, rzędu dolnego. Ponadto należy

pozostawić między surówką pionowe, swobodne przestrzenie średnicy 0,30 mtr (12") naprzeciw otworów, znajdujących się w sklepieniu przedziału i przeznaczonych dla obserwacji wypalania. Do każdego przedziału (komory) w piecu 10 przedziałowym systemu Mendhejma (Zamość) można załadować do 8.000 szt. surówki wyżej podanych wymiarów, a w piecu 12 przedziałowym (Białopole, Budy, Izbica) do 11.000 szt.

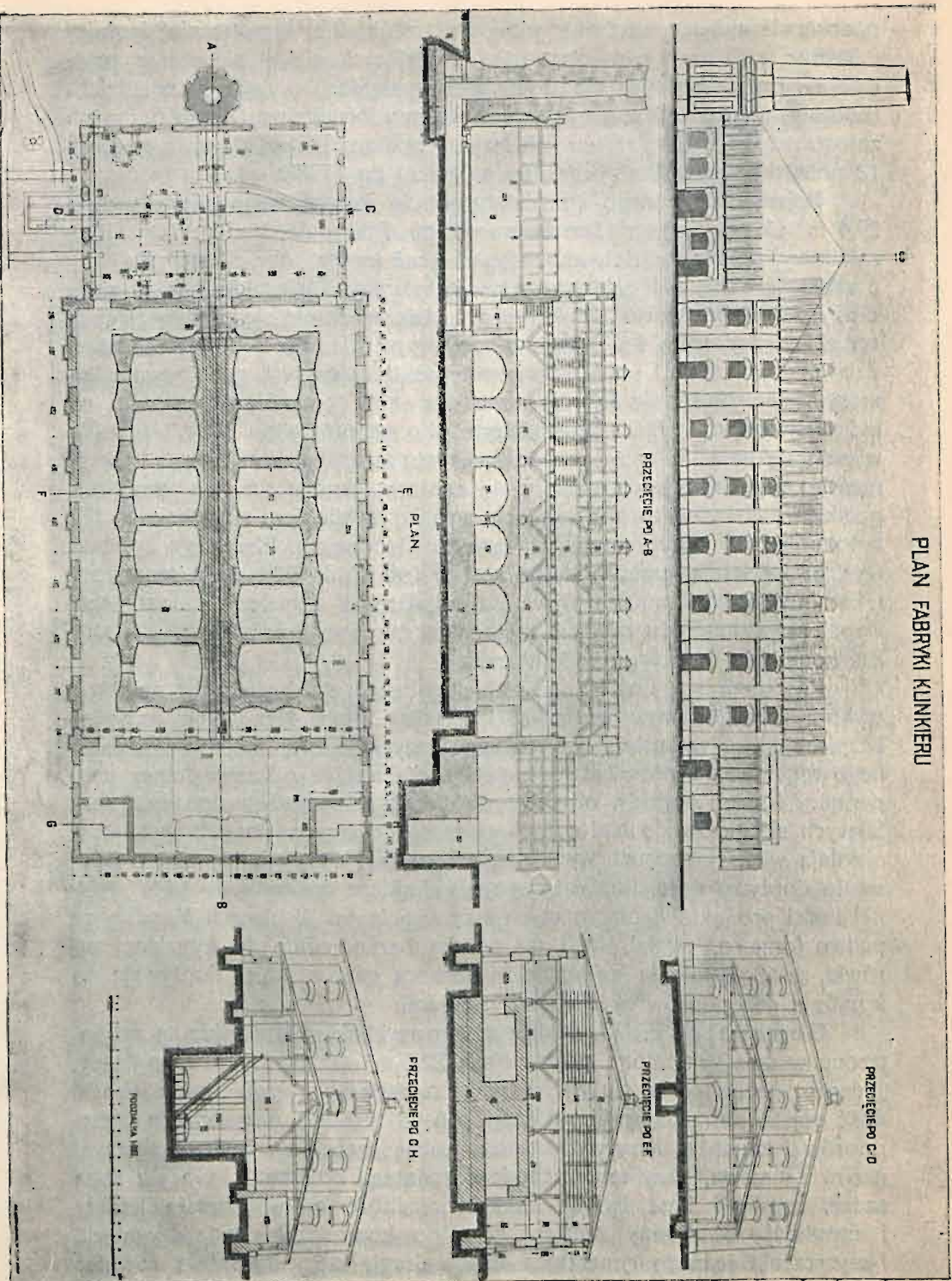
Pojemność jednego przedziału 10-cio komorowego pieca wynosi 29,4 m<sup>3</sup> (3 sażenie<sup>3</sup>), a 12-to komorowego (Białopole, Budy) 37 m<sup>3</sup>. Przy załadowywaniu przedziałów należy zwracać uwagę, aby takowe nie były przeładowywane, t. j. żeby surówka nie była zbyt ściśle układana, w przeciwnym bowiem razie nieuniknionem będzie spiekanie się poszczególnych cegieł między sobą i nierównomierne wypalanie. Po załadowaniu przedziału, otwór (furta) przez który następuje ładowanie i wyładowanie komory, zamurowuje się ścianką podwójną, aby uniknąć straty ciepła, co ma miejsce przy murze pojedynczym. Po zamurowaniu furty, surówka wypala się na klinkier za pomocą gazu wpuszczonego do komory i otrzymanego przy niepełnem spalaniu się opału w generatorze. We wszystkich polskich państwowych klinkierniach wypalanie klinkieru odbywa się, jak było wskazane wyżej, w piecach systemu Mendhejma. Piece tego systemu (rys. 6) zawierają parzystą ilość komór (od 10 do 22), dwa generatory i komin. Liczba komór wpływa na regularność wypalania i wystygania wypalanego materiału oraz na racjonalną naprawę przedziałów, objętość zaś komór na wytwórczość klinkierni.

Przy mniejszej ilości komór obieg gorących gazów nie jest należycie wykorzystany. Główne właściwości i zalety pieca Mendhejma stanowią bezpieczeństwo wybuchu, ekonomiczne zużycie ciepła, możliwość dowolnego regulowania płomieniem zupełnie niezależnie od zewnętrznej temperatury i stanu pogody, oraz doprowadzenie temperatury płomienia spalających się gazów do białości. Piece te są droższe od innych systemów, ale dają większy procent wypalanego klinkieru. Przy umiejętnem regulowaniu dopływu gazu, ilość otrzymanego klinkieru dochodzi do 95% ogólnej ilości produktów, otrzymanych przy wypalaniu. W piecach Mendhejma paliwo (drzewo, węgiel, torf) nie dotyka bezpośrednio do wypalanej surówki, lecz wypalanie następuje za pomocą gazów, które dopływają do komór z generatorów specjalnemi kanałami.

**Generatory:** Wszystkie państwowe klinkierne polskie są zaopatrzone w dwa generatory, pojemnością 22,5 m<sup>3</sup> drzewa opałowego każdy. Jeden z generatorów służy zawsze jako zapasowy, ponieważ zachodzi dość częsta potrzeba (mniej więcej co 6—8 tygodni) oczyszczania generatorów i kanałów. Przy wytwarzaniu niezbędnych dla wypalania surówki gazów z drzewa, gazy te przechodząc kanałami do komór, niosą z sobą sadzę, smołę i inne twarde substancje, które zanieczyszczają kanały i utrudniają swobodny dopływ gazu do komór. W czasie stygnięcia i czyszczenia jednego generatora działa drugi, który uprzednio również był oczyszczony, szczelnie załadowany drzewem i zupełnie przygotowany



# PLAN FABRYKI KUNKIERU



Kys. 6.

do wytwarzania gazu. W czasie zmiany generatorów następuje pewne opóźnienia w zasilaniu gazem tej komory, w której odbywa się wypalanie, lecz okoliczność ta nie wpływa ujemnie na proces wypalania, tylko przedłuża czas wypalania danego przedziału, który w tym wypadku będzie trwać około 60—70 godzin. W Białopolu, Budach, Izbicy i Zamościu generatory były zbudowane na drzewo z tego względu, że w czasie budowy wszystkie te miejscowości były bardzo odległe od stacji kolejowych<sup>1)</sup> i opał drzewny kalkulował się znacznie taniej od węgla. Obecnie po wybudowaniu podczas wojny światowej kolei żelaznej Krasnystaw - Izbica - Zawada (Zamość) - Bełzec i wobec znacznego wzrostu cen na drzewo opałowe, sprawa przebudowy generatorów w Zamościu na węgiel stała się zupełnie aktualną i Sejmik Zamojski, eksploatujący tę klinkiernię, zamierza w najbliższej przyszłości przystąpić do tej przebudowy.

W razie odbudowania zniszczonej klinkierni w Izbicy również generatory powinny być odbudowane na węgiel. Najlepszym drzewem dla wytwarzania gazu są suche sosnowe i bukowe drwa, lub też brzoźowe, natomiast mniej dobre dębowe. Wszystkie państwowe klinkierne zasilają się wyłącznie drwami sosnowymi i po części bukowymi (Budy, Białopole.) Obydwa generatory mają zupełnie identyczne urządzenie. Są to dwie studnie, każda głębokości 5,35 mtr. (2,5 saż.), długości 2,14 mtr. (1 saż.) i szerokości 1,07 mtr. ( $\frac{1}{2}$  saż.). W poprzek generatorów na wysokości 0,70 mtr. od dołu umieszczone są ruszty z lanego żelaza po 74 sztuk w każdym. Oddzielony w ten sposób popielnik zamyka się 4 żelaznymi drzwiczkami, znajdującymi się w przedniej stronie w długości generatora. Wierzch tych studni-generatorów, całkowicie wyłożonych wewnątrz ogniotrwałą cegłą na ogniotrwałej glinie, jest zaopatrzony w żelazne skrzynie po 2 dla każdego generatora (rys. 7) każda skrzynia ma żelazne otwierające się za pomocą dźwigni dno, składające się z 2-ch połówek, a u góry przykrywa się zdejmowanymi żelaznymi pokrywami, krawędzie których wchodzi w dość głębokie, napełnione wodą żłobki (rynienki) umieszczone po bokach skrzyni.

Takie urządzenie umożliwia hermetyczne zamknięcie skrzyni pokrywą u góry. Skrzynie te służą do załadowania opału. Zasilanie generatora opalem odbywa się w następujący sposób: po zdjęciu górnej pokrywy, skrzynię zapełnia się opalem, poczem pokrywę znów ustawia się na miejscu, a za pomocą dźwigni z przeciwwagą otwiera się dno skrzyni i znajdujący się w niej opał, własnym ciężarem wpada do generatora, przeciwwaga sama zamyka dno i wypróżniona skrzynia może być ponownie napełniona opalem. Wrzucone do generatora drzewo wobec małego dostępu powietrza powoli tli się i rozkłada się, wytwarzając gaz, przyczem węgiel (C) przy niepełnym spalaniu się przetwarza się w tlenek węgla (CO),

<sup>1)</sup> Białopole 28 km. od Chełma, Budy 72 km. od Rejowca, (Stacja Bełzec odległa od Bud 22 km. była za granicą austriacką), Izbica 28 km. od Rejowca, Zamość 50 km. od Rejowca.

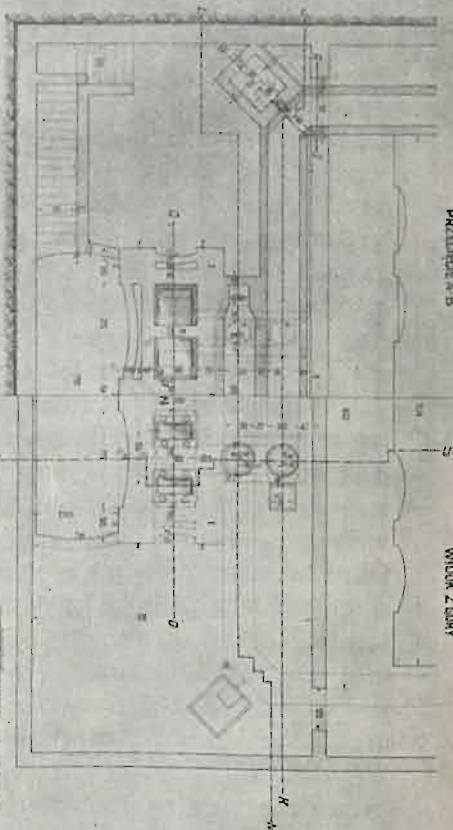


# GENERATORY

GENERATORY DO PIECA BAZOWEGO

PRZECIENIE A-B

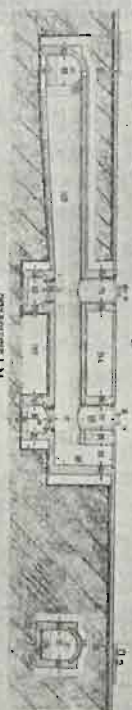
WIDOK Z GÓRY



PRZECIENIE R-S



PRZECIENIE J-K



PRZECIENIE L-M



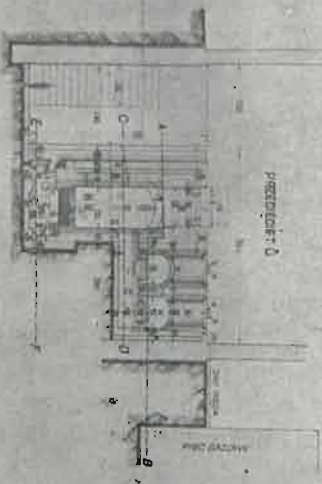
PRZECIENIE E-F



PRZECIENIE G-D

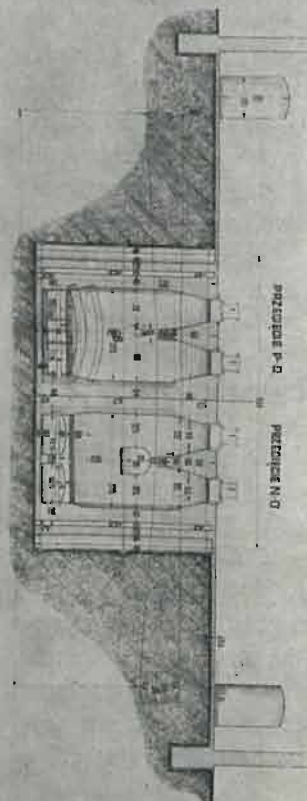


PRZECIENIE O



PRZECIENIE P-Q

PRZECIENIE N-O



Kys 7.

który stanowi zasadniczą składową część wytwarzanego gazu. Oprócz tlenku węgla (CO) otrzymuje się jeszcze różnego składu węglowodory i wodór (H), a wogóle razem 35% gazów palnych i 65% niepalnych części składowych. Ciąg niezbędny dla rozkładu drzewa i skierowania wytwarzanego gazu do odpowiedniej komory pieca otrzymuje się w ten sposób, że zewnętrzne powietrze wchodzi do generatora przez popielnik i ruszty. Drwa raz już zapalone w generatorze wskutek ograniczonego dopływu powietrza powoli tleją. a otrzymywany przy tym rozkładzie gaz przechodzi do kanału, który łączy generator z odnośną komorą, w której odbywa się wypalanie. Komora zaś ta zapomocą umieszczonego w niej wentyla łączy się z głównym kanałem dymowym, a ten zaś ostatni z kominem.

Ponieważ wytwarzany w generatorze gaz otrzymuje się jako produkt rozkładu przy powolnym spalaniu się drzewa, należy bacznie uważać, aby generator był obowiązkowo szczelnie wypełniony opałem i żeby drzewo tliło się, a nie paliło się. Palenie się drzewa płomieniem obsolutnie nie może być dopuszczalne nie tylko ze względu na oszczędność w opale, ale i ze względu na bezpieczeństwo działania generatora. W razie palenia się drzewa w generatorze, przy wrzucaniu do skrzyni opału będzie wydobywać się z niej snop iskier i nawet płomień, co łatwo może spowodować pożar. Dla obserwacji, czy generator jest należycie napełniony drzewem, na każdej skrzyni, służącej do załadowania opału, są umieszczone 4 szczelnie zamykające się okrągłe otwory. Przy należytem zasilaniu generatora paliwem rozchód opału będzie najmniejszy, a ilość wytwarzanego gazu największą. Jest to łatwe do osiągnięcia przy istniejących urządzeniach i sumiennej kontroli dobrze obznajomionego dozorczy. W państwowych klinkierniach wrzucanie opału do skrzyni generatora w czasie kampanji powinno odbywać się przynajmniej co 2—3 godziny i ilość opału na jedną dobę wynosi maximum 15—17 m<sup>3</sup> tak, że dla wypalenia jednej komory potrzeba przy wypalaniu trwającym 36 godzin — 22 do 25 m<sup>3</sup>, a przy 48 godzinnym wypalaniu 30 do 34 m<sup>3</sup> drzewa.

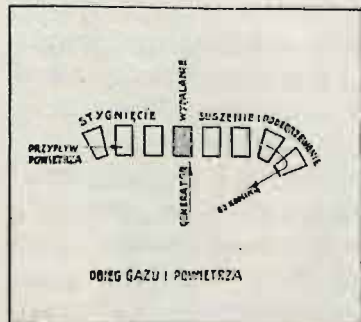
**P i e c.** Komory pieca są umieszczone parami jedna za drugą (rys. 6), każda z nich jest u góry przesklepioną i wewnątrz wyłożoną ogniotrwałą cegłą (szamotem). Ściany pieca są podwójne i przestrzeń między nimi jest napełniona popiołem, albo suchym piaskiem kwarcowym. Wewnętrzne ściany, jak również i generator budują się z ogniotrwałej cegły na ogniotrwałej glinie. Szamot używa się wymiarów normalnych i specjalny fasonowy. Zewnętrzne ściany pieca, kanały doprowadzające gaz (t. zw. „gazowe”) i kanał odprowadzający dym („dymowy”), oraz komin; budowane są ze zwyczajnej dobrze wypalanej cegły na zwykłej glinie, częściowo tylko używa się cegłę specjalnych wymiarów i glinę ogniotrwałą. Cały piec urządza się na warstwie cementu w celu zabezpieczenia przedziałów (kominów) od wilgoci. Ściany pieca wzmocnione są w różnych kierunkach żelaznymi ściągaczami (kotwami). Komin i generatory zbudowane są obok pieca w celu zwiększenia ciągu i zmniejszenia straty ciepła w kanałach gazowych. Wysokość kominu zależna jest od ilości komór i długości pieca.



Naprzykład przy 10-cio komorowym piecu, wysokość komina wynosi 40 m, a średnica otworu 1 m. Po wyjściu z generatora, gaz skierowuje się do komór pieca kanałami gazowymi, prowadzącymi wzdłuż obydwu zewnętrznych ścian pieca i wchodzi do komory przez cztery płomienniki (Feuerbrücke). Płomienniki umieszczone są w 4 kątach komory i przedstawiają jakby 4 czworokątne studzienki — skrzynki wymurowane z ogniotrwałej cegły na ogniotrwałej glinie.

Wymiary płomienników są następujące: wymiar otworu  $0,37 \times 0,40$  m, wysokość od podłogi komory — 1,00 m, t. j. prawie sięgają podstawy sklepienia komory. Dwie ścianki każdego płomiennika tworzą 2 wewnętrzne ściany komory, pozostałe 2 wymurowane są w 1 cegłę ogniotrwałą. Płomienniki łączą się z gazowiodącymi kanałami zapomocą 4-ch wentyli (rodzaj wentylatorów), do których umocowane są okrągłe, z łanego żelaza pokrywy. Wentyl otwiera się dla wypuszczenia gazu zapomocą specjalnego drażka — śruby przymocowanego do pokrywy. Płomienniki służą nie tylko dla przejścia gazu do wypalanej komory, lecz przez nie wpuszcza się również rozżarzone gorące powietrze z sąsiedniego, przedtem wypalnego przedziału. Wpuszczanie tego powietrza odbywa się zapomocą 4-ch czterokątnych wentyli takiegoż rodzaju, jak opisano wyżej. Na koszt tlenu wpuszczonego, rozżarzonego powietrza powstaje i dalej podtrzymuje się palenie gazu. Wobec tego gaz i powietrze, przechodząc odrębnymi, niezależnymi od siebie kanałami, wchodzi do komory przez płomiennik (Feuerbrücke — płomienny most).

**O b i e g g a z ó w i p r o c e s w y p a l a n i a.** Gaz po wyjściu do płomienników, uchodzi w nich do góry i spotkawszy się z powietrzem, uprzednio nagrzanem do niezbędnego stopnia rozżarzenia, natychmiast zapala się. Dalej palący się gaz odbija się od sklepienia komory, kieruje się na dół, przechodząc przez wszystkie odstępki między ułożoną w komorze surówką, przebija się przez wszystkie szczeliny i pęknięcia, obejmując płomieniem każdą poszczególną cegłę surówki i przechodzi przez specjalne 44 otwory, znajdujące się w podłodze komory t. zw. „organki“, do kanałów urządzonych pod podłogą komór, z których trafia do płomienników sąsiedniej komory, a potem w ten sam sposób przechodzi jeszcze przez dwie następne komory, celem ich ogrzania. Dopiero z czwartego przedziału po oddaniu swego ciepła surówce, gaz wypuszcza się (po otwarciu wentyla) do kanału dymowego, a stąd do komina (rys. 8). Już po wyjściu z drugiej z rzędu komory, licząc od wypalanej, gaz nie będzie palić się płomieniem, lecz będzie przechodzić do następnych komór w postaci strugi gorących gazów, oddając swoje ciepło surówce i ścianom i nagrzewając z kolei trzecią i czwartą komorę, które zawczasu muszą



Rys. 8.

być załadowane surówką, a furty zamurowane podwójnemi ścianami. Powietrze niezbędne dla zapalenia gazu w wypalanej komorze i dalszego podtrzymania płomienia postępuje z trzeciej z kolei komory poprzedzającej wypaloną. Odbywa się to w ten sposób, że zewnętrzne powietrze wchodzi do gotowej do wyładowania 3-ciej z rzędu komory poprzedzającej wypaloną, wciąga się przez otwory w podłodze do kanałów, znajdujących się pod podłogą komór łączących komory między sobą i wchodzi do płomienników sąsiedniej komory (2-giej przed wypaloną), przenika całą masę gorącego już wypalonego, lecz jeszcze nie wyładowanego klinkieru i dalej w analogiczny sposób przechodzi do 1-szej przed wypaloną komorą, a z tej wchodzi do sąsiedniej, t. j. wypalanej, już w stanie rozżarzonego powietrza. Wciąganie zewnętrznego powietrza do komory gotowej do wyładowania następuje wskutek ciągu w kanale dymowym i kominie, oraz wobec otwarcia wentyli od kanałów łączących sąsiednie komory. Przy opuszczeniu tych wentyli komory rozłączają się między sobą. Dla połączenia zaś każdej komory z kominem służą duże wentyle A (patrz rys. 9). Dla kierowania dopływu gazu z generatora do wypalanej komory istnieją przy każdej komorze 4 wentyle B (patrz rys. 10) po jednym na każdy płomiennik. Rozżarzone powietrze, które przepływa z 3-ciej komory, wstępuje do wypalanej komory przez płomienniki, spotyka w niej gaz wpuszczony z generatora przez 4 otwarte w tym celu wentyle, zapala go, podtrzymuje i zasycza palenie. Regulując wentylami dostęp gazu do komór, t. j. wpuszczając go więcej, lub mniej w zależności od ilości przyprływającego powietrza do płomienników, można osiągnąć zupełne spalanie się gazu. Zużytkowanie opału będzie w tym wypadku najwięcej wydajne, a wychodzące do komina produkty palenia będą składały się z pary i kwasu węglowego tak, że w jasny, pogodny dzień, szczególnie latem, dym wychodzący z komina będzie niewidoczny i otrzymuje się wrażenie, że klinkiernia nie działa.

Regulowanie dopływu gazu do wypalanej komory jest niezbędne, ponieważ palący się gaz może nadmiernie rozżarzyć się, co znów może spowodować stopienie się wypalanej surówki. Dla tego też po upływie pewnego czasu od 40 do 50 minut wypalania, dopływ gazu przerywa się i potem wpuszcza się go naprzemian to do sąsiedniej komory, lub następnej za nią, które nagrzewają się tym wypuszczonym gazem i w ten sposób przygotowują się do mającego nastąpić w nich wypalania. Manipulacje tego rodzaju powtarzają się tak długo, aż się okaże, że klinkier będzie już dostatecznie wypalony. Praktyczną wskazówką zakończenia wypalania służy osiadanie wypalanego klinkieru na  $\frac{1}{3}$  część wysokości uprzednio załadowanej surówki.

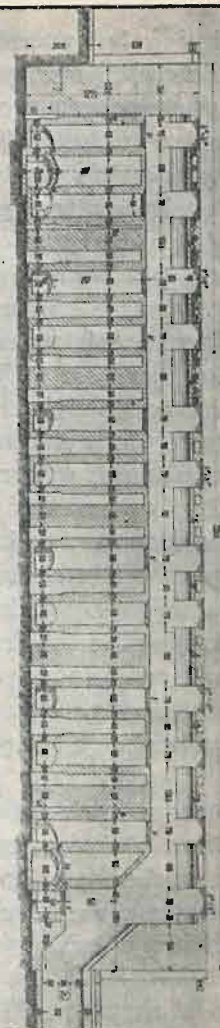
Dla obserwowania osiadania i śledzenia za przebiegiem wypalania, oraz kolorem palącego się gazu, w przedniej, licowej ścianie każdej komory są umieszczone po obu stronach furty dwa otwory zakryte szkiełkami.

W piecach systemu Mendhejma, jak już wskazano wyżej płomień działa zgóry na dół, wskutek czego, górne rzędy surówki wcześniej wy-

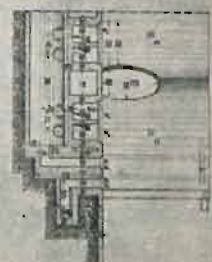


# PIŁC GAZOWY O 12 KOMBACH PO 27 M<sup>2</sup> POLEJNOŚCI.

PRZECIĘCIE B-C

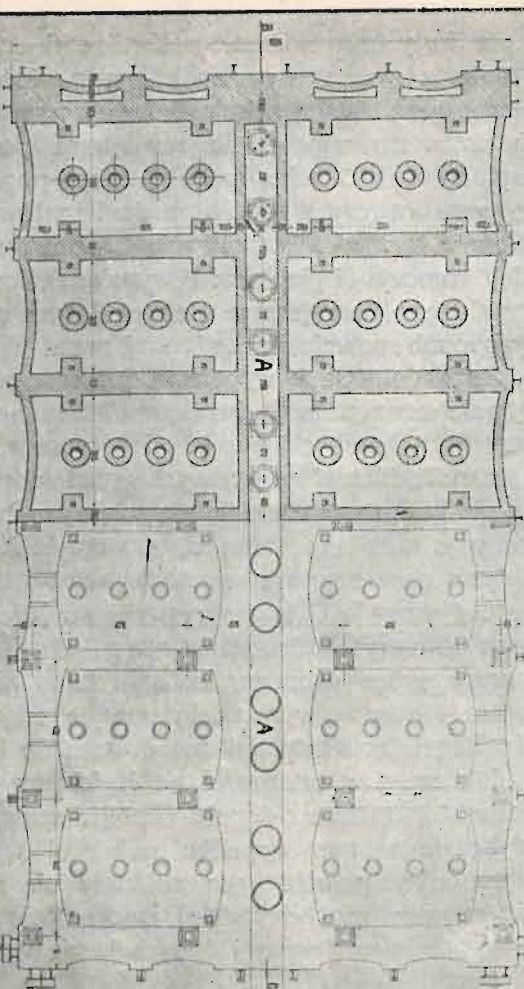


PRZECIĘCIE D-E

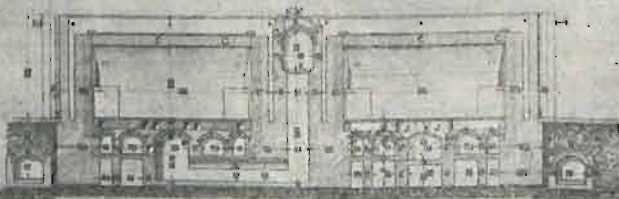


PRZECIĘCIE F-G

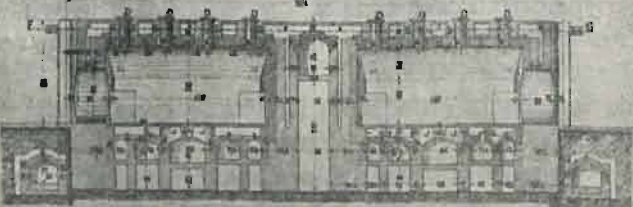
WIDOK Z GÓRY



PRZECIĘCIE K-L



PRZECIĘCIE M-N



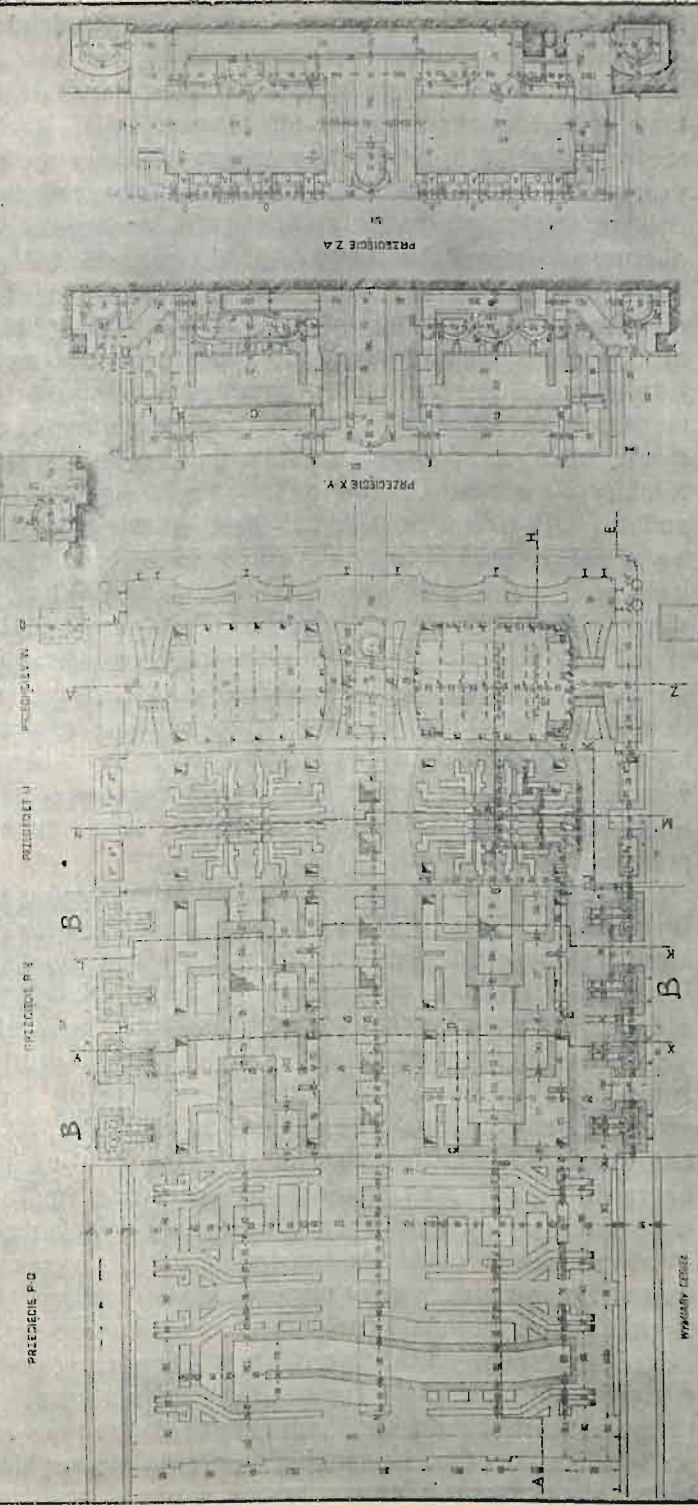
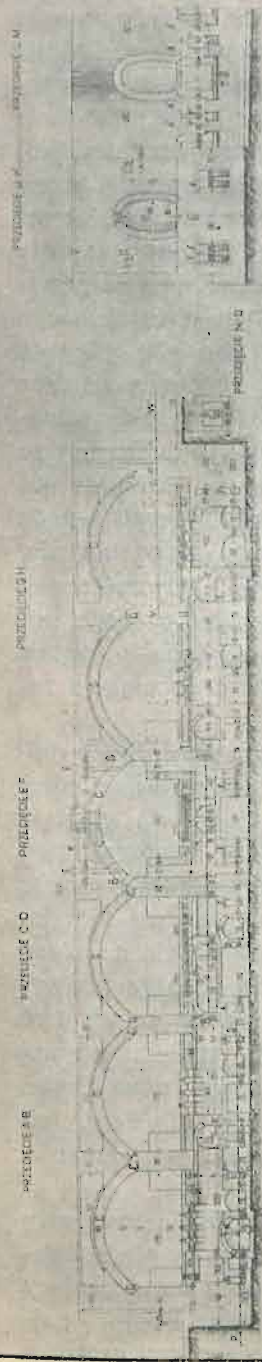
WYKŁADZ CIEŚN.  
CZĘŚCI NIEZŁOTNE  
CIEŚN. ZAWIESZCIE OŚCIEŻNIA

WYKŁADZ W ŚCIEŻNIE

Rys. 9.

PROJEKT WYKONANY PRZEZ INŻ. J. KOWALSKĄ W 1952 R.

# PIEC GAZOWY O 12 KOMORACH PO 37 m<sup>3</sup> POJEMNOŚCI BRUTTO



WYKONANY PRZEZ  
INŻ. J. KOWALSKĄ  
W 1952 R.

Rys. 10.



palają się, podlegając wcześniej bezpośredniemu działaniu płomienia. Przy parowaniu wody i zmniejszaniu się w objętości surówki, odstęp między surówką stają się większe, dostęp płomienia w głąb ku podłodze komory ułatwia się i wypalanie postępuje równomierniej. Ruch surówki w górnych rzędach w piecach Mendhejma nie ma takiego wpływu na równowagę następnych rzędów surówki, jak to ma miejsce przy bocznym a szczególnie dolnym działaniu płomienia. W piecach Mendhejma wytwarza się równomierne osiadanie całej masy surówki z góry na dół — zależnie od stopnia wypalania i na tej właśnie podstawie zauważono, że odpowiednim momentem wypalania surówki na klinkier będzie obniżenie się całej masy na  $\frac{1}{3}$  część wysokości. Możliwość doprowadzenia temperatury do białości i dowolnego kierowania płomienia w tę lub inną stronę komory pozwala na jednakowe wypalanie załadowanego w komorach materiału i na otrzymanie klinkieru dobrego gatunku o jednolitej strukturze w całej masie. Klinkier z zamojskiej gliny wypala się 36—40 godzin, z białej gliny 48 godzin. Dla ochładzania wypalonego klinkieru służą otwory znajdujące się w sklepieniach komór. Otworów takich zamkniętych w czasie wypalania pokrywami w sklepieniu każdej komory jest 4. (rys. 9). Otwory te służą jednocześnie dla obserwowania procesu wypalania, ogrzewania suszarni nad piecem i przesyłania gorącego powietrza z wypalonych komór do komór naładowanych surówką, w celu ostatecznego jej wysuszenia. Ponieważ w klinkierniach państwowych niema głównego „powietrznego” kanału równoległego do dymowego, więc dla skierowania gorącego powietrza z wypalanej komory do komór załadowanych surówką, urządza się kanał z blachy żelaznej, a połączenie żądanych komór następuje za pomocą rur blaszanych.

Wystygnięcie klinkieru w komorach po wypaleniu trwa około 5—7 dni. Wybijanie otworów w furtach w celu ich rozebrania i wyładowania klinkieru powinno odbywać się stopniowo i powoli, dla uniknięcia pęknięcia klinkieru w rzędach najbliższych do furty. Wyładowanie komory trwa 1 dobę. Po wyładowaniu komory otrzymane produkty wypalania sortuje się według przeznaczenia, jak: klinkier cały, w połówkach, gruz klinkierowy, cegła zendrówka, wiśniówka i gruz ceglany i odwożą się na place składowe, znajdujące się na dziedzińcu klinkierni. Każda komora po wyładowaniu powinna być zbadana, a zauważone uszkodzenia muszą być naprawione. Zły stan komory (pokrzywiona podłoga, zanieczyszczone otwory i t. p.) ujemnie wpływa na proces wypalania, może spowodować nierównomiernie osiadanie i nadmierną ilość popękanego klinkieru, lub gruzu. Po stwierdzeniu należytego stanu komory, ładują ją ponownie, stopniowo nagrzewają i rozżarzają do następnego wypalania.

W państwowych klinkierniach w Lubelszczyźnie kampanja trwa cały rok. W razie przerwania kampanji w celu gruntownej naprawy pieca i generatora uruchomienie klinkierni i zapalenie gazu odbywa się w następujący sposób. Na początku kampanji pozostawia się zwykle jedną komorę najbliższą do generatora niezaladowaną i w niej urządza się cztery czasowe

ogniska z drzewa opałowego, lub węgla, które łączą się z 4 kanałami znajdującymi się w poprzecznej ścianie sąsiedniej komory, w której surówka powinna być już naładowana. Palenie się tych ognisk trwa około 155 godzin, t. j. 6 dni i w ciągu tego czasu powietrze w sąsiedniej komorze nagrzej się do tego stopnia, że wpuszczony do niej gaz z generatora od razu zapali się i działanie jego będzie trwać bez przerwy, w sposób opisany wyżej, aż do zakończenia kampanji

W czasie silnego wiatru, lub burzy w wypalanej komorze powstaje silny ciąg, szkodliwy dla regularnego wypalania. Dla zmniejszenia ciągu należy odpowiednio opuścić wentyle. W razie ciągu niedostatecznego wentyle podnoszą się. Na ile należy opuścić, względnie podnieść wentyle, aby ochronić komorę do działania porywczego wiatru wskazuje przenośny aparat — ciągomierz (Zugmesser) ustawiany przy wypalanej komorze.

### Koszta produkcji klinkieru.

Główne wydatki przy produkcji klinkieru stanowią:

1) wyrób surówki około . . . . .	27%
2) wypalanie klinkieru około . . . . .	43%
3) konserwacja klinkiarni (remont) . . . . .	6%
4) administracja i dozór klinkiarni . . . . .	10%
5) podatki . . . . .	6%
6) amortyzacja względnie dzierżawa . . . . .	8%
Razem . . . . .	100%

1) wydatki związane z wyrobem surówki obejmują następujące pozycje: kopanie i wożenie gliny z kopalni, polewanie gliny wodą, zasila-  
nie maszyn gliną (gniotowniki, walce, prasa Abersona) piasek do form,  
jego dostawa i suszenie, mycie i piaskowanie form, wtykanie form pod  
prasę Abersona, strychowanie, podawanie klepek, odwożenie gliny od  
prasy, opróżnianie form i wybijanie surówki na klepki, układanie klepek  
z surówką na wózki i odwożenie do suszarni, naprawa form i klepek  
opał do lokomobili, smary do maszyn, pobory maszynisty i pomocnika,  
obsługa windy, układanie surówki na półkach, kantowanie, gamowanie  
i magazynowanie surówki, oraz powtórne prasowanie (dotłaczanie). Koszt  
wyrobu 1000 sztuk surówki dotłaczanej (sztancowanej) — uwzględniając  
powyższe wydatki, wynosił w roku 1925 około 25 zł.<sup>1)</sup>

Dla wyrobu 1000 sztuk surówki wymiarów podanych wyżej zużywa  
się 2,5m<sup>3</sup> gliny.

2) Przy określeniu kosztów wypalania przyjęto następujące wydatki:  
załadowanie i wyładowanie komór, murowanie furt, czyszczenie kanałów

<sup>1)</sup> Dotłaczanie 1000 sztuk surówki wynosi 4 zł. wobec tego wyrób 1000 szt.  
surówki niesztancowanej kosztował około 21 zł.



i płomienników, drzewo opałowe do generatorów, pobory 4 palaczy, papier i nafta. Koszt wypalenia 1000 sztuk klinkieru w r. 1925 wynosił około 38,5 zł. koszt samego opału (do generatorów) wynosił około 30 zł. (od 3 do 3,5 m<sup>3</sup> drzewa na 1000 sztuk klinkierów). Wobec tego opał drzewny stanowi w Lubelskich klinkierniach około 33% ogólnych kosztów produkcji klinkieru. Przy przejściu na węgiel koszt klinkieru znacznie obniży się, ponieważ dla wypalenia 1000 sztuk surówki potrzeba będzie 0,5 tonn węgla (miału z gruzikiem), co wyniesie 12 zł. na 1000 sztuk. Należy tu nadmienić, że żadna z klinkierni państwowych polskich, dzierżawionych przez sejmiki nie osiągnęła pożądanej ilości klinkieru, t. j. 90 do 95% ogólnej ilości wypalonych na klinkierniach materiałów, co również ujemnie wpływa na koszt sprzedażny klinkieru.

W roku 1925 były osiągnięte następujące wyniki: W klinkierni białopolskiej (12 komorowej) ogółem załadowane było do komór 1,769.800 sztuk surówki, a po wypaleniu otrzymano 1,257.930 sztuk klinkieru całego 162.008 sztuk połówek klinkieru <sup>1)</sup>, 509 m<sup>3</sup> gruzu klinkierowego <sup>2)</sup>, 132.090 sztuk cegły zendrówki i wiśniówki całej, 22600 sztuk cegły w połówkach i 39 m<sup>3</sup> gruzu ceglanego.

Ogółem w ciągu r. 1925 było wypalone w tej klinkierni 168 komór; do każdej komory ładowano przeciętnie 10535 sztuk surówki. Z każdej komory po wypaleniu otrzymano:

klinkieru całego . . . . .	szt.	7488	(71,1%)
„ w połówkach . . . . .	„	638	(6%)
„ w gruzie (na tłuczeń) . . . . .	„	1416	(13,4%)
cegły zendrówki i wiśniówki całej . . . . .	„	798	(7,6%)
cegły w połówkach . . . . .	„	88	(0,9%)
„ w gruzie . . . . .	„	107	(1%)
Razem . . . . .		szt. 10535	100,0%

Znaczny procent gruzu klinkierowego tłumaczy się bardzo złym stanem komór, ze względu na nierówną podłogę i nierównomierne osiadanie klinkieru podczas wypalania, zanieczyszczenia kanałów i wadliwego obiegu gazów. W roku bież. wszystkie komory całkowicie odbudowano, kanały wyczyszczono i odnowiono.

Po przeprowadzeniu naprawy wyniki wypalania w roku bieżącym 1926 w klinkierni Białopolskiej, okazały się następujące:

Ładowano do jednej komory przeciętnie 11.000 sztuk surówki, a otrzymano po wypaleniu:

<sup>1)</sup> Do poówek zaliczają się kawałki klinkieru większe od połowy średnio 0,65 całego klinkieru, kawałki te są używane do brukowania, ponieważ niezbędne jest przesunięcie fug w bruku.

<sup>2)</sup> 1 m<sup>3</sup> gruzu otrzymuje się z 468 szt. klinkieru.

klinkieru całego . . . . .	9.000 sztuk	(82%)
klinkieru w połówkach . . . . .	1.000 „	(9%)
cegły zenderówki . . . . .	500 „	(4,5%)
gruzu klinkierowego . . . . .	500 „	(4,5%)

W klinkiarni Zamojskiej 10-cio komorowej w roku 1925 załadowano do komór 1,109.100 sztuk surówki, a po wypaleniu otrzymano:

klinkieru całego . . . . .	sztuk 827.850	(75%)
klinkieru w kawałkach . . . . .	„ 127.550	(11%)
zenderówki i wiśniówki całej . . . . .	„ 144.700	(13%)
gruzu ceglanego . . . . .	„ 9.000	(1%)

Koszt wypalenia 1.000 sztuk klinkieru w roku w roku 1925 przeciętnie wynosił 38,5 zł.

3) Przy obliczaniu kosztów konserwacji klinkiarni przyjęto wydatki na naprawę i utrzymanie w porządku budynków fabrycznych i mieszkalnych, naprawę i uzupełnienie narzędzi i amortyzację wydatków na nowe budowle i większe przeróbki. Na 1000 sztuk klinkieru wydatki tej pozycji stanowiły około 5,5 zł.

4) Wydatki na administrację i dozór klinkiarni stanowią: utrzymanie kancelarii, reklama, wynagrodzenie kierownika, magazyniera, dozorczy (majstra), 2-ch stróżów, utrzymanie pary koni i rozjazdy kierownika. Na 1000 klinkierów wydatki te wynoszą około 5 zł.

6) Wydatki związane z dzierżawą wynoszą dla klinkiarni białopolskiej około 9 zł na 1000 sztuk klinkierów (150.000 sztuk klinkieru rocznie przy produkcji 1,500.000 sztuk — 10%), dla klinkiarni zaś Zamojskiej około 8 zł. na 1000 sztuk klinkierów. W wypadku prowadzenia klinkiarni, jako przedsiębiorstwa państwowego należałoby doliczać do kosztów produkcji % na wyłożony kapitał przy budowie, co stanowiłoby (przy wartości klinkiarni 12 komorowej 360.000 zł. i rozłożeniu amortyzacji na 30 lat), obciążenie kosztów produkcji rocznie 12.000 złotych a na 1000 sztuk klinkieru przy produkcji rocznej 1,500.000 szt.  $12.000 : 1.500 = 8$  zł.

Ogólny koszt 1000 sztuk klinkieru loco klinkiarnia-skład wynosił:  $25 + 38,5 + 5,5 + 8 + 5 + 8 = 90$  zł. Cena zaś sprzedażna klinkieru w klinkiarniach dzierżawionych przez Sejmiki jest większa wobec doliczenia 12% do kosztów własnych i wynosiła około 100 zł.

Przed rokiem 1914 koszt 1000 sztuk klinkierów na państwowych klinkiarniach, prowadzonych jako przedsiębiorstwa rządowe wynosił 18—20 rubli, czyli 9 do 10 dolarów, przy 10—12 godzinnym dniu pracy i nieopłacaniu żadnych podatków.

W końcu podaje się koszt budowy 12 komorowej klinkiarni. (Białopole, Budy) przed wojną (r. 1909—1913):



1. budowa głównego budynku fabrycznego 2-piętrowego	24.000	rb.
2. piec o 12 komorach systemu Mendhejma . . . . .	43.000	„
3. 2 generatory . . . . .	5.000	„
4. komin (52 mtr.) . . . . .	4.000	„
5. szopa (suszarnia letnia) . . . . .	5.500	„
6. dom mieszkalny dla kierownika . . . . .	3.600	„
7. domy mieszkalne dla robotników stałych . . . . .	5.000	„
8. szopa (skład narzędzi) . . . . .	2.000	„
9. parkany i rowy . . . . .	2.000	„
10. studnia artezyjska . . . . .	1.000	„
11. komplet maszyn (gniotownik, elewatory i windy, lo- komobila i transmisję, maszyna Abersona i do- tłaczarki) . . . . .	13.000	„
Razem . . . . .	108.100	rb.

Przy zwiększeniu ilości komór do 16 i zastosowaniu węgla, koszta produkcji klinkieru znacznie obniżają się, ponieważ wydatki na administrację i dozór pozostaną te same, co i przy 10—12-komorowych piecach, natomiast w odniesieniu do 1000 sztuk klinkierów zmniejsza się o 5 do 6 złotych.

Wydatki zaś na opał zmniejszają się z 33% do 20%, czyli do 12 zł. na 1000 sztuk, a koszt 1000 sztuk klinkieru loco klinkiernia będzie wynosić około 60—65 zł.

### Charakterystyka fizyczna i wytrzymałość klinkieru.

Klinkier używany do budowy dróg powinien być dźwięczny w przełomie ścisły, wolny od uwarstwień, przy uderzeniu stałą dawać iskry, nie powinien wchłaniać wody i zawierać szczelin, oraz musi mieć prawidłową formę, bez skrzywień i wgnieceń i wytrzymywać ciśnienie nie mniejsze, jak 640 kg. cm<sup>2</sup>. Wytrzymałość klinkieru na działanie mechaniczne i wpływy atmosferyczne była niejednokrotnie badaną w różnych krajach.

Pierwsze badania, jakim poddano klinkier wypalony na ziemiach polskich (klinkierni Zamojskiej) były wykonane w roku 1887 w mechanicznym laboratorium Instytutu Inżynierów Komunikacji w Petersburgu. Wyniki tych badań wykazały: 1) że próbki klinkieru w ogólnej ilości 8, dały średnią wytrzymałość na rozdrabianie 770 klg./cm<sup>2</sup>, 2) że zdolność napawania się wodą w ciągu 23—30 dni wynosiła 0%, 1,4% i 3%, że ciężar gatunkowy wynosił 2,03—2,12.

Nieco później zostały wykonane badania nad klinkierem wypalonym w zakładach Lauw'a w Bockhorn'ie w Oldenburgu. Badania te przeprowadzone zostały przez Królewską Izbę Badania Materiałów Budowlanych w Berlinie, której przesłano 20 sztuk klinkierów o wymiarach 22 × 10, 5 × 5,2 cm. Ciężar gatunkowy tego klinkieru wynosił 2,18—2,21.

### Wyniki badań.

Klinkier w stanie wysuszonym			Klinkier w stanie napojonym wodą		
Nr. ce- gieł klin- kieru	zaobserwo- wano rysy pęknięć	wytrzymałość na ciśnienie	Nr. ce- gieł klin- kieru	zaobserwo- wano rysy pęknięć	wytrzymałość na ciśnienie
	klg.	na cm <sup>2</sup>		klg.	na cm <sup>2</sup>
1	874,5	1002,6	11	791,0	919,1
2	791,0	919,1	12	824,4	885,9
3	662,3	785,4	13	729,7	846,6
4	729,7	863,4	14	846,6	958,0
5	785,4	913,5	15	785,4	902,3
6	835,5	969,2	16	857,8	985,9
7	740,8	857,8	17	713,0	818,8
8	846,6	991,5	18	651,7	774,2
9	640,6	746,4	19	718,5	852,2
10	646,1	768,7	20	785,4	907,9

Średnie wyniki dla suchego klinkieru :

$$\text{obserwowano rysy pęknięć } \frac{7552,5}{10} = 755 \text{ klg./cm}^2$$

$$\text{wytrzymałość na ciśnienie } \frac{8817,6}{10} = 882 \text{ klg./cm}^2$$

Średnie wyniki dla napawanego wodą klinkieru :

$$\text{obserwowano rysy pęknięć } \frac{7703,5}{10} = 770 \text{ klg./cm}^2$$

$$\text{wytrzymałość na ciśnienie } \frac{8950,9}{10} = 895 \text{ klg./cm}^2$$

Średnia waga suchego klinkieru (Nr. 1—10):

$$G_1 = \frac{24,162}{10} = 2,416 \text{ klgr.}$$

Średnia waga klinkieru napojonego wodą (Nr. 11—20):

$$G_2 = \frac{24,917}{10} = 2,492 \text{ klgr.}$$

$$\text{Zawartość wody } \frac{G_2 - G_1}{G_1} \cdot 100 = \frac{24,917 - 24,162}{24,162} \times 100 = 3,10\%$$

Twardość podług skali Mohs'a = 6—7.

Dla przeprowadzenia badania spoistości zostały odbite od 3-ch różnych sztuk klinkieru 6 małych kawałków, które następnie rozpatrywano przez lupę. W przełomie klinkier okazał się ścisłym, równym i bez pęknięć. Dla badania wytrzymałości na wpływy atmosferyczne (i mróz) te



same 6 kawałków, 1) były zanurzone do wanny i nagrzewane stopniowo do temperatury wrzenia wody, przez pewien czas utrzymywane przy tej temperaturze, a potem od razu ochładzane przez zanurzenie do wody zimnej; 2) jedną godzinę gotowały się w 15% roztworze soli kuchennej, przyczem w tym samym czasie były wyjmowane i od razu ochładzane, a potem znów gotowane, woda po tych manipulacjach z lekka pociemniała; 3) pół godziny gotowały się w 5% roztworze ługowym sodu; 4) pół godziny gotowały się w tym samym roztworze lecz z dodaniem 1% siarczanu amonu; 5) pół godziny gotowały się w roztworze zawierającym 2% siarczanu miedzi i 10% soli kuchennej. Po tych doświadczeniach klinkier pozostał bez zmian, nic nie stracił na wadze i ze swoich właściwości. Dalej te same 6 kawałków klinkieru były zanurzone do 15% kwasu solnego i leżały tam w przeciągu 75 godzin, a potem 50 godzin w 20% kwasie solnym. Po wyjęciu klinkieru okazało się, że nie stracił on na wadze i że śladów działania kwasu nie zauważono. Przy następnym działaniu czystym kwasem solnym zaobserwowano płyn biały, po zbadaniu którego solami baru nie znaleziano soli siarczano-kwaśnych (źródło wieńczenia).

Wobec powyższych wyników badania, zaliczono klinkier do materiałów bardzo mocnych. W roku 1908 t. j. po 25-letniej praktyce wyrobu i stosowania klinkieru w Lubelszczyźnie ponownie poddano klinkier badaniu w Laboratorium Mechanicznym Instytutu Inżynierów Komunikacji w Petersburgu, przyczem zwrócono uwagę na ścieralność klinkieru. Badany klinkier miał wymiary 21,8 cm. długości, 10 cm szerokości, i 5,9 cm. grubości. Ciężar gatunkowy wynosił 2,18. Napawanie wodą po uprzednim wysuszeniu i przetrzymaniu w wodzie 120 godzin wykazało zwiększenie się wagi o 1,25%. Wytrzymałość na ciśnienie w stanie suchym 1151 kg./cm<sup>2</sup> a w stanie napawanym wodą 1274 kg./cm<sup>2</sup>. Zużywanie się przez ścieranie było badane na aparacie „Dorry“, przy użyciu piasku rzeczno-górniczego jako materiału ścierającego, przesianego przez sito o 225 otworach na 1 cm<sup>2</sup>. Wyniki na ścieralność otrzymano rozmaite w zależności od tego, jaka strona badanego sześcianu wyciętego z cegły klinkierowej była bezpośrednio poddawana ścieraniu. Jeżeli strona ta była zewnętrzną stroną przysłanego klinkieru to wyniki były więcej zadowalniające, jeżeli zaś badano stronę, którą otrzymano z wewnętrznej masy klinkieru, to współczynnik ścierania zwiększał się. Współczynnik ścieralności wyraża się zwykle grubością (wysokością) startej warstwy w milimetrach przy przejściu po tarczy drogi 1000 mtr. z szybkością 1 mtr. na sekundę i przy obciążeniu 0,2 kg./cm<sup>2</sup> powierzchni tarcia. Współczynnik ten dla klinkieru otrzymano 1,85—2,2. Porównyując ten wynik z współczynnikiem ścieralności dla dolomitów (3,54) i wapieni (2,7—3) okazuje się, że ścieralność klinkieru jest mniejsza, natomiast w porównaniu z granitami (0,54—0,92), gniazami (0,58) i piaskowcami kwarcytowymi (0,45) zużywalność klinkieru na ścieranie jest znacznie większą.

Ostatnio przeprowadzone badania przez Politechnikę Lwowską klin-

kieru o wymiarach  $22 \times 11 \times 7$  cm wypalonym w roku 1926 w klinkierni Zamojskiej dały następujące wyniki <sup>1)</sup>.

1. Waga 1 cegły klinkierowej sztancowanej (dotłaczanej) w stanie wysuszonym średnio 3466 gr.

Waga takiej samej cegły, lecz nie sztancowanej 3420 gr.

2. Ciężar gatunkowy wyznaczony metodą sproszkowania dla klinkieru sztancowanego, wynosił średnio 2,5.

Dla klinkieru niesztancowanego wynosił średnio 2,45.

3. Zdolność napawania stę wodą została określona, jako przybytek ciężaru próbek po 8 dniowym leżeniu próbek w wodzie, średnio po dwóch doświadczeniach dla klinkieru sztancowanego 1 6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Dla klinkieru niesztancowanego 1,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

4. Wytrzymałość na ciśnienie w stanie wysuszonym:

Dla klinkieru sztancowanego . . . . . 857,8 kg./cm<sup>2</sup>.

„ „ niesztancowanego . . . . . 782,6 „ „

Zaobserwowano rysy pęknięć (sztancow.) . . 769,4 „ „

„ „ „ (niesztancow.) . . 694,2 „ „

5. Wytrzymałość na działanie mrozu:

Próbki klinkieru sztancowanego i niesztancowanego (po 2 próbki) napojone wodą zamrażano 25 razy do — 15° C przez 4 godziny i naprzemian odtajono 25 razy w wodzie o ciepłocie 15° C, również przez 4 godziny nie zmieniły swego pierwotnego kształtu ani ciężaru.

6. Wytrzymałość na ciśnienie po mrożeniu:

Wytrzymałość tę wyznaczono na 3-ch próbkach cegieł zamrożonych które zachowały po mrożeniu swój kształt pierwotny i otrzymano średnio dla klinkieru sztancowanego 580 kg./cm<sup>2</sup>, dla klinkieru niesztancowanego 559 kg./cm<sup>2</sup>.

Wobec powyższego uznano badany klinkier (sztancowany i niesztancowany) za zupełnie wytrzymały na działanie mrozu.

7. Zużywanie się przez ścieranie:

Badanie to przeprowadzono na maszynie Bauschingera. Na tarczy obrotowej z żelaza lanego umieszczono 2 kostki z badanego materiału o przekroju 50 cm<sup>2</sup>, w odległości 22 cm od środka tarczy. Każdą kostkę obciążono ciężarem 30 kg. Ścieranie odbyło się zapomocą szmirglu Naxos Nr. 3. Co 22 obroty tarczy wykonane w 1 minucie, podsypywało się 20 gr. szmirglu, rozdzielając go równo na tarczy w pierścieniu równym szerokości okazów. Zużyty szmirgiel wraz ze startym materiałem usuwano starannie. Po każdych 110 obrotach tarczy, co odpowiada przebytej drodze liniowej 152 m. oznaczał się ubytek ciężaru kostek przez ważenie. Zużycie przedstawiało się w sumie po 440 obrotach tarczy średnio 17,7 cm<sup>3</sup> (43,3 gr.) na powierzchni 50 cm<sup>2</sup> co odpowiada 0,35 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.

<sup>1)</sup> Wysłany do badania klinkier nie był wyborowy, przeciwnie należał do gatunków gorszych, ze względu na zły stan komór i wadliwe dotłaczanie.



Zużycie się zaś granitu drobnoziarnistego z Tatr o wytrzymałości  $1570 \text{ kg./cm}^2$  wynosi  $6,35 \text{ cm}^3$  na pow.  $50 \text{ cm}^2$ .

W końcu należy nadmienić, że w praktyce drogowej rzadko wogóle zdarza się aby klinkier musiał wytrzymać ciśnienie większe, jak  $140 \text{ kg./cm}^2$ . Polskie przepisy porządkowe na drogach ograniczają nawet obciążenie kół pojazdów mechanicznych na centymetr bieżący szerokości obręczy do  $150 \text{ kg}$ . Ponieważ klinkier nawet gorszych gatunków posiada wytrzymałość znacznie przewyższającą dopuszczalne normy dla obciążenia, sprawa badania wytrzymałości klinkieru na ciśnienie uznana została w Ameryce za niepotrzebną i przy odbiorze klinkieru od fabrykantów nie skutecznia się. W Stanach Zjednoczonych Amer. Północ., gdzie produkcja klinkieru znajduje się prawie wyłącznie w rękach prywatnych, w pierwszym rzędzie zwraca się uwagę na ścieralność klinkieru.

Metody tego badania są jednak odmienne od stosowanych u nas. Badania wytrzymałości na ścieranie odbywa się w Ameryce zapomocą przyrządu zwanego „rattler”. Jest to stalowy bęben, obracający się 30 razy na minutę, do którego wkłada się dziesięć cegieł klinkierowych, oraz pewną ilość kul żelaznych różnej wielkości od  $3\frac{3}{4}''$  do  $1\frac{7}{8}''$  ( $9,5 \text{ cm}$  —  $4,7 \text{ cm}$ ). Po 1800 obrotach strata w wadze klinkieru nie powinna przekraczać  $25\%$  wagi pierwotnej.

### **Budowa i utrzymanie dróg klinkierowych.**

Jednym z główniejszych warunków racjonalnej budowy bruku klinkierowego jest należyte odwodnienie podtorza. Osuszenie podtorza stanowi kardynalną zasadę przy budowie drogi, ponieważ przy zawilgoceniem i nietrwałem podtorzu nawet bardzo dokładne wykonanie bruku nie daje dostatecznej gwarancji jego trwałości. W wypadkach kiedy podtorze jest niepewne zawsze zauważa się nierównomierne osiadanie klinkieru, wypaczanie się bruku i załamanie jezdni. Zły wygląd drogi klinkierowej zupełnie jeszcze nie świadczy o jakości klinkieru i jego przydatności do budowy dróg, lecz dowodzi, że droga była wadliwie wybudowaną. Bruk z tego samego klinkieru, lecz ułożony sumiennie służyć będzie przez długie lata i będzie mieć powierzchnię gładką, przyjemną dla jazdy. Dowodem może służyć Holandia, gdzie  $1200 \text{ km}$ . dróg państwowych i  $2000 \text{ km}$ . dróg gminnych wybrukowano klinkierem <sup>1)</sup>, albo Ameryka, gdzie jeszcze przed rokiem 1914 było przeszło  $2500 \text{ km}$  dróg klinkierowych, które zachowały dobry stan i przetrwały bez renowacji od 25 do 40 lat. Stany Zjednoczone Ameryki Północnej zużywają około 100 milionów sztuk klinkieru rocznie. W krajach zachodniej Europy i w Ameryce ilość dróg klinkierowych systematycznie wzrasta, a sposoby budowy są stale ulepszane. Obecnie przy znacznym rozwoju ruchu pojazdów mechanicznych na drogach bitych

<sup>1)</sup> J. Holanicki-Szulc „Rob. Publ.“, zesz. 4, r. 1919.

i w związku z tem zmiany warunków w zużywaniu się nawierzchni, sprawa budowy dróg klinkierowych staje się szczególnie aktualną. Wzmógł się ruch samochodowy postawił nowe zadania techniczne przy wykonaniu twardej nawierzchni, która powinna być trwałą i wytrzymałą na szybki ruch samochodów osobowych i ciężarowych, nie dawać kurzu, dawać mały opór dla ruchu i być łatwą dla naprawy. Ruch samochodowy wpłynął na zmianę czynników określających charakter zużycia nawierzchni, a mianowicie na sposób zaczepienia siły i szybkość ruchu. Prostopadłe ciśnienie obciążonych kół zaprzęgu konnego na nawierzchnię zmieniło się na styczne wobec zaczepienia pociągowej siły samochodu na obręczach kół, a zwiększona szybkość ruchu stwarza za samochodem wiry wysysające z nawierzchni miał i lepszycze, co powoduje pędsze rozluźnienie nawierzchni z tłucznia kamiennego. Dlatego też obecnie do nawierzchni z tłucznia kamiennego wprowadzane są najrozmaitsze mieszaniny bitumiczne wzmacniające nawierzchnię i usuwające kurz, względnie nawierzchnie budowane są, jako betonowe, asfaltowe, lub klinkierowe. Współczynnik oporu ruchu (średni) dla bruku klinkierowego według badań prof. Bakera w Ameryce, za pomocą dynamometru Baldwina, wynosi 0,0085. Ten sam współczynnik według danych amerykańskich jest większy dla innych nawierzchni i wynosi:

dla nawierzchni z betonu lub stalo-betonu	. 0,0075 — 0,02
„ „ asfaltowej . . . . .	0,015 — 0,035
„ „ tłucznia granitowego . . .	0,01 — 0,03

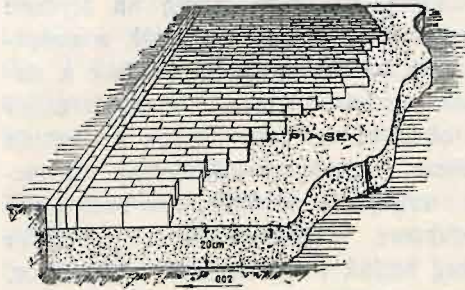
Bruk klinkierowy jest nieodpowiedni przy dużych spadkach, wypukłym profilu i na ostrych zakrętach. W naszych warunkach, gdzie przeważa ruch zaprzęgów konnych należy uważać 3,5% spadek, jako maksymalny. Przy większych spadkach ruch konny na nawierzchni klinkierowej podczas ślizgawicy staje się niebezpiecznym. Jeżeli jednak przy budowie drogi klinkierowej wobec miejscowych warunków topograficznych koniecznem będzie zastosowanie większych spadków, to na takich odcinkach należy bruk klinkierowy zastąpić nawierzchnią z tłucznia. Przy ostrych zakrętach dają się zauważyć inne znów braki bruku klinkierowego: mianowicie na łukach o małym promieniu, należyte dopasowanie i ścisłe ułożenie cegieł klinkierowych staje się nadzwyczaj trudnem do wykonania. Na takich krzywiznach o ile tylko nie będzie zastosowane podłoże betonowe, a fugi nie będą wypełnione asfaltem, lub zaprawą cementową bruk klinkierowy będzie bardzo nietrwały. Dlatego też i w tym wypadku na całej długości ostrego zakrętu należy stosować nawierzchnię z tłucznia lub inną. Średni poprzeczny spadek bruku klinkierowego powinien wynosić 2—3%.

Drogi klinkierowe w Lubelszczyźnie były zbudowane przez rząd rosyjski na podkładzie z warstwy piasku grubości 15—25 cm (rys. 11), przyczem podtorze nie było należycie odwodnione a fugi zapełniały się piaskiem lichego gatunku (drobny, zamulony). Ponadto używano na podkład i dla zapełnienia fug piasku mokrego, wobec czego fugi nie były wypełnione na całą głębokość, a cegły klinkierowe od uderzeń kopyt

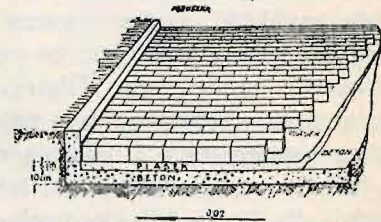


i kół osiadały, lub pochylały się, wytwarzając nierówną powierzchnię bruku. Na zachodzie i w Ameryce zwrócono szczególną uwagę na trwałe i mocne podkłady.

Podkład może być wykonany z betonu 1:3:5 lub 1:3:7 o grubości warstwy 10—15 cm układanej bezpośrednio na należycie odwodnionem i uwalcowanem podtorzu (rys. 12), lub z warstwy klinkieru ułożonego na płask na warstwie piasku 10 do 15 cm i rozsypanej na podtorzu t. zw. podwójny bruk klinkierowy (rys. 13). Ponadto o ile klinkierem ma być

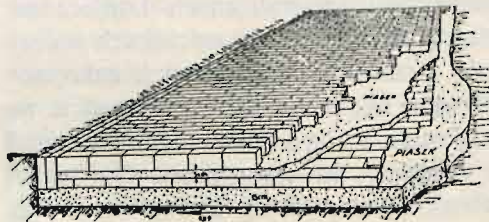


Rys. 11.



Rys. 12.

wybrukowana istniejąca szosa, to jako podkład może służyć nawierzchnia z tłucznia należycie wyrównana i uwalcowana. Na przygotowanym podkładzie rozściela się warstwę o grubości 5 cm suchego ostrego piasku, po uwalowaniu której lekkim wałem, układa się klinkier długą stroną na kant (rys. 11—13) prostopadłe do kierunku ruchu, lub pod kątem 45° do osi jezdni. W tym ostatnim wypadku klinkier może być ułożony również w jedlinkę (rys. 14). Praktyka wykazała, że układanie klinkieru rzędami prostopadłe do kierunku ruchu jest najwięcej wskazane, ze względu na



Rys. 13.

mniejsze niszczenie materiału przy układaniu i konserwacji, oraz większy opór dla ruchu konnego, podczas ślizgawicy. Układanie bruku zaczyna się od obrzeży ku środkowi. Każdy bruk klinkierowy musi być zaoopatrzony w obrzeża, które mogą być wykonane z betonu (rys. 12)

lub z 2—3-ch rzędów klinkierów (rys. 11 i 13).

Przy budowie dróg klinkierowych w Lubelszczyźnie obrzeża budowane były tylko z klinkieru, natomiast ani obrzeży betonowych, ani też podkładów betonowych dotychczas nie stosowano. Przy układaniu bruku klinkierowego należy zwracać uwagę na należyty dobór cegieł, które powinny być jednakowej wytrzymałości, w przeciwnym razie miększe, mniej trwałe cegły prędzej wykruszą się lub popękają, a bruk straci gładką powierzchnię. Klinkier układa się prostopadłe do osi drogi w ten sposób,

że następujące po sobie rzędy zaczynają się całą cegłą, lub połówką w celu przesunięcia fug. Cegły klinkierowe, które popękają od uderzeń młotkiem podczas układania należy od razu wymienić na całe, cegły występujące nad powierzchnię drogi osadzić lekkim ubijakiem, cegły które zbyt osiadły podnieść do należytego poziomu, aż do zupełnego wyrównania całej powierzchni bruku. Po ułożeniu bruku i sprawdzeniu powierzchni w celu ostatecznego wyrównania nawierzchni należy takową uwałować lekkim wałem od 3 do 5 ton. Po uwałowaniu bruku wszystkie fugi (spoiny) należy wypełnić suchym piaskiem, asfaltem lub inną mieszaniną bitumiczną, względnie zaprawą cementową w celu zabezpieczenia krawędzi klinkieru od wykruszania i utrzymania cegieł klinkierowych w należytej pozycji. Piasek



Rys. 14.

jako materiał wypełniający fugi był wyłącznie tylko używany przy budowie i konserwacji dróg klinkierowych w Polsce. Piasek (suchy) rozsypuje się na powierzchni bruku i zmiata się miotłami do fug, aż do zupełnego ich wypełnienia, a następnie cały bruk polewa się wodą. Piasek jest najtańszym materiałem do wypełniania fug, lecz nie zapobiega przenikaniu wody do podtorza, nie zabezpiecza należycie krawędzi klinkieru i podczas większego ruchu samochodowego jest wysysany gumami ze spoin. Przed wojną światową, kiedy ruch samochodowy był nieznaczny, całą powierzchnia drogi klinkierowej pokrywała się cienką warstwą (grub. 1 cm) ostrego piasku, co w lepszy sposób zabezpieczało krawędzie od uderzeń kopyt końskich i kół pojazdów. Obecnie rozsypywanie warstwy piasku jest za-



niechane, ze względu na duży kurz, jaki wytwarza się przy większym ruchu samochodowym.

Zapełnienie fug materiałami bitumicznymi lepiej zabezpiecza bruk od przesiąkania wody i odłupywania krawędzi, wiąże bruk w jedną całość lecz ma pewne braki polegające w tem, że w upalne dnie zapełnienie bitumiczne wycieka z fug, a w czasie mrozów pęka i odstaje od cegieł. W każdym razie zapełnienie z odpowiednio dobranej mieszaniny bitumicznej uznane zostało za bardzo dobre. Asfalt, lub inna mieszanina bitumiczna nagrzewa się do stanu płynnego i zapomocą ręcznych leji wlewa się do fug. Zaprawa cementowa jest znacznie mocniejsza od bitumicznej i lepiej zabezpiecza krawędzie klinkieru, lecz bruk taki daje więcej hałasu i musi być zaopatrzony w poduszki ekspansywne ułożone wzdłuż obrzeży i poprzek bruku co 6 do 8 m. w celu zmniejszenia różnic w odchylaniu się cegieł przy kurczeniu się i rozszerzaniu się cegieł w zależności od zmiany temperatury. Poduszki te (rys. 12) są wykonane z warstwy asfaltu lub innych materiałów bitumicznych grub. od 1 do 3 cm. w zależności od szerokości bruku. Jednak nawet przy zastosowaniu poduszek zdarzają się wypadki wypierania poszczególnych cegieł przy dość znacznym huku. Bruk klinkierowy przy wypełnieniu fug zaprawą cementową i ułożony na warstwie betonu nabiera cech monolitu i jest nadzwyczaj mocny. Zaprawa cementowa 1 : 3 rozlewa się na bruku uprzednio zamiecionym i zroszonym wodą dwukrotnie. Pierwsza porcja (więcej płynna) wypełnia fugi mniej więcej do połowy ich głębokości, druga zaś gęstsza — do powierzchni bruku. Po wypełnieniu fug zaprawą cementową bruk pokrywa się warstwą piasku lub ziemi dla utrzymania zaprawy w stanie wilgotnym, aż do zupełnego stwardnienia. Mniej więcej po 10 dniach warstwę pokrywającą zdejmuję się i bruk może być oddany do użytku. W ostatnich latach w Ameryce są robione próby budowy bruków klinkierowych, jako monolitów. Sposób „monolitowy“ różni się od wyżej opisanego tem, że warstwę piasku między podkładem betonowym i nawierzchnią klinkierową zastępuje się zaprawą cementową. Mieszanina cementu i piasku (1 : 4) na sucho rozsypuje się warstwą grubości 4 cm. i po ułożeniu na niej klinkierów polewa się wodą, wskutek czego zaprawa wiąże bruk klinkierowy w jedną całość. Czasami jednak rozścielano warstwę z zaprawy cementowej w stanie gęstym, wilgotnym i na niej bezpośrednio układano klinkier. Sposób „monolitowy“ budowy, pozwala stosować klinkier wymiarów mniejszych oraz zmniejszać również grubość pokładu betonowego, który w tym wypadku łącznie z warstwą zaprawy cementowej wynosi 10 cm. Wobec małego okresu czasu stosowania takiej nawierzchni trudno obecnie jest powiedzieć, czy sposób ten jest praktyczny. Ponadto stosowany jest czasami sposób pośredni, mianowicie — przy podkładzie z piasku górną część fug na głębokości 3—3,5 cm. od powierzchni bruku zapełnia się zaprawą cementową 1 : 3 lub gorącym asfaltem. Ten ostatni sposób był stosowany przy budowie bruków w m. Lublinie w roku 1910.

Obecnie na drogach państwowych klinkierowych w Województwie

Lubelskiem dokonywane są próby zapełniania fug mieszaninami bitumicznymi i zaprawą cementową, a przy najbliższej renowacji bruku będą zastosowane w celu doświadczeń bruki na pokładzie betonowym i klinkierowym na płask. Na 1 m<sup>2</sup> nawierzchni z bruku klinkierowego używa się przeciętnie 63 sztuk klinkieru, czyli na 1 km. drogi o szerokości jezdni 4,5 m. — 285.000 sztuk klinkierów. Na 1 m<sup>2</sup> pokładu ułożonego z klinkieru na płask, zużywa się około 36 sztuk klinkierów a na 1 km. drogi około 160.000 sztuk.

Koszt przewozu 1000 sztuk klinkieru końmi na odległość 10 km. od klinkiarni wynosi od 15 do 18 złotych, w zależności od stanu drogi <sup>1)</sup>. Jedna parokonna furmanka zabiera do 300 szt. klinkierów. Na odległość 20 km. płacono się przeciętnie 25 zł. za 1000 szt. Przy zastosowaniu przewożenia klinkieru samochodami ciężarowymi, koszt przewiezienia 1000 szt. wynosiłby około 12,50 zł. Koszt samochodu ciężarowego łącznie z przyczepką, typu skrzynia 4×2 m, 50 KP, o nośności 5 tonn i przyczepki 4 tonny, o przeciętnej szybkości 10 km. i zużyciu benzyny 50 kg. a oliwy 5 kg. na 100 km. (naprz. „Daag“, „Austro- Fiat“ lub „Büssing“) wynosi obecnie 3000 dolarów, czyli 27.000 zł. Samochód taki, jak wykazała praktyka może przewieźć dziennie 27 tonn na odległość 10 km. t. j. 3 razy dziennie po 9 tonn przyczem długość przejechanej drogi tam i powrotem wyniesie 60 km. Licząc, że samochód będzie pracował tylko 2000 dni w ciągu roku i że koszt 1 kg. benzyny wynosi 1,26 zł. a smarów 1 kg. 2,30 zł., utrzymanie kierowcy rocznie 3.600 zł., 6 szt. gum mas. 3780 zł. (70 dol. za 1 sztukę), otrzymamy następujący koszt przewozu 27 tonn dziennie:

benzyna $6,5 \times 60 \times 1,2$ . . . . .	36,00 zł.
smary $0,05 \times 60 \times 2,3$ . . . . .	6,90 „
utrzymanie kierowcy $3.600 : 200$ . . . . .	18,00 „
gumy $3.780 : 200$ . . . . .	18,90 „
drobne naprawy 5% kosztu $0,05 \times 27.000 : 200$ . . . . .	6,75 „
amortyzacja 10% kosztu $0,1 \times 27000 : 200$ . . . . .	13,50 „
Razem . . . . .	100,05 zł.

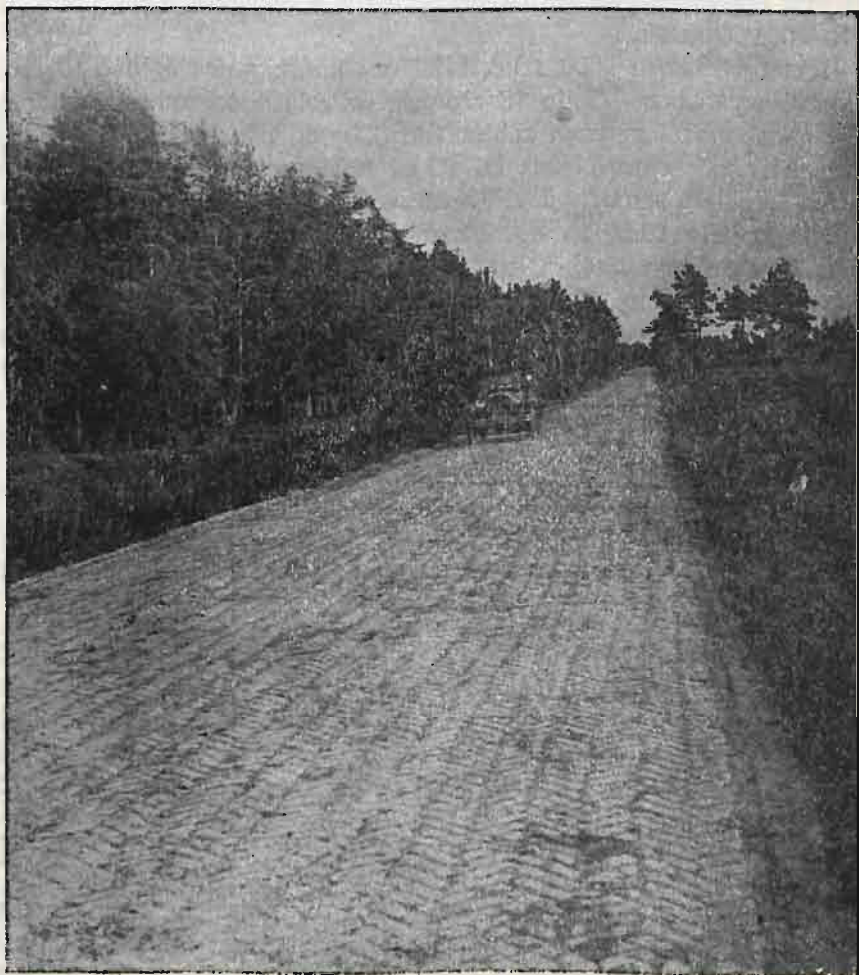
Ponieważ 1000 szt. klinkierów wymiarów polskich waży przeciętnie 3,3 tonny, przeto dziennie można przewieźć na odległość 10 km. 8.000—8100 sztuk klinkierów a koszt przewozu 1000 szt. na odległość 10 km. będzie wynosić  $100,05 : 8 = 12,50$  zł. czyli o 5 złotych taniej, jak furmankami. W ciągu 200 dni roboczych 1 samochód z przyczepką przewiezie na przeciętną odległość 10 km.  $200 \times 8000 = 1.600.000$  szt. t. j. całą produkcję 12 komorowej klinkiarni. Ponadto samochód ciężarowy będzie nadzwyczaj pożytecznym dla zaopatrzenia klinkiarni w opał węglowy.

Utrzymanie drogi klinkierowej należycie zbudowanej jest nadzwyczaj łatwe, a koszty konserwacyjne bardzo nieznaczne. Szczególną uwagę na-

<sup>1)</sup> Ceny akordowe płacone w Wojew. Lubelskim w 1926 roku.



leży zwracać na nawierzchnię w ciągu pierwszych lat po ułożeniu bruku i odrazu usuwać wszelkie niedokładności w jezdni, wymieniając cegły słabsze na nowe, podejmując cegły, które osiadły i t. d. Pracę przy utrzymaniu nawierzchni wykonują droźnicy. W ciągu pierwszych 5 lat po wybudowaniu zużywa się zwykle około 3000 sztuk klinkierów rocznie na 1 km. drogi na drobne naprawy. W ciągu następnych 5 lat zużywa się

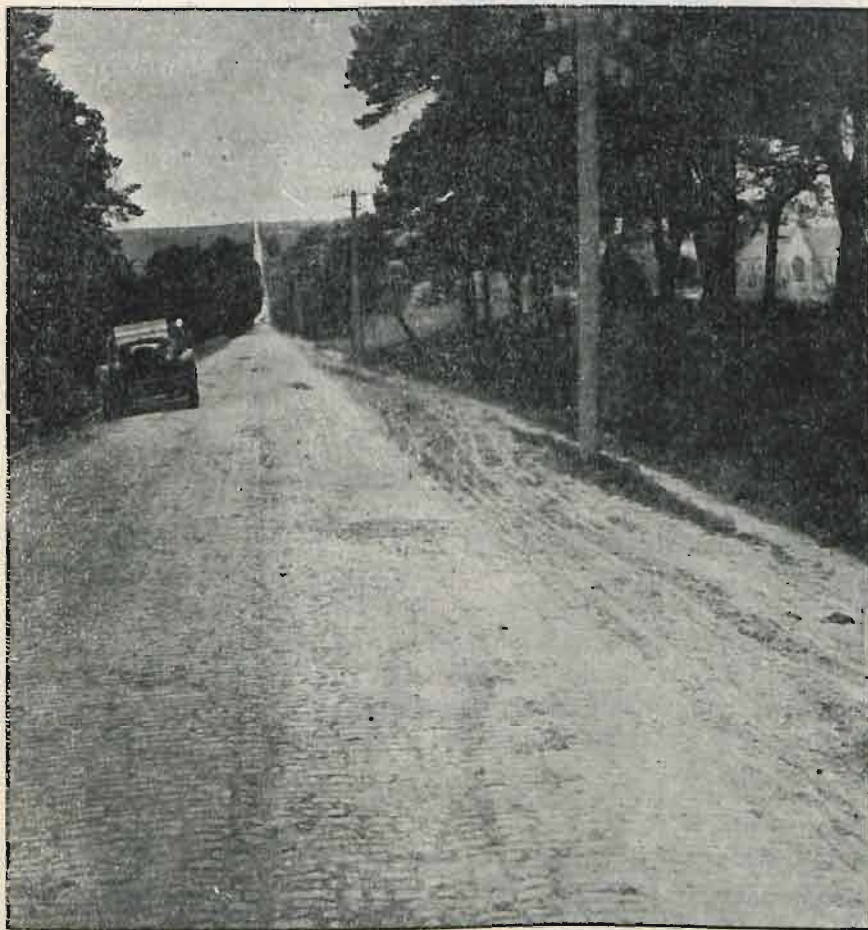


Rys 15.

około 10.000 sztuk klinkierów rocznie na 1 km. drogi, przyczem naprawę wykonują również droźnicy. W warunkach lubelskich gdzie drogi klinkierowe, zbudowane były bez podkładu twardego, a fugi wypełnione tylko piaskiem lichego gatunku, zachodzi potrzeba stosowania na niektórych odcinkach renowacji po 10 latach <sup>1)</sup>, używając na ten cel około 156.000

<sup>1)</sup> Licząc okres wojenny, kiedy drogi o nawierzchni z tłuczenia kamiennego zostały zupełnie prawie zniszczone.

sztuk klinkierów, ponieważ prawie połowa klinkierów wyjętych z bruku będzie zupełnie nadawać się ponownie do brukowania. Istnieje jednak na drodze lwowskiej Nr. 9 w powiecie Zamojskim i Krasnostawskim i w pow. Hrubieszowskim na drodze państwowej Chełm-Hrubieszów Nr. 6/2, szereg odcinków, które przetrwały do dnia dzisiejszego bez żadnej renowacji



Rys. 16.

w ciągu lat 15. Rys. 15 przedstawia stan drogi klinkierowej Chełm-Hrubieszów koło Raciborzec po 15 latach bez renowacji, a rys. Nr. 16 odcinek drogi państwowej Lwowskiej Nr. 9 pod Łopiennikiem w pow. Krasnostawskim, również po 16 latach bez renowacji.

Koszt budowy 1 km. drogi klinkierowej przy szerokości bruku 4,5 m. na podkładzie z warstwy piasku grub. 20 cm. przy cenie 1000 sztuk klinkierów loco budowa 110 zł. na przygotowanym podtorzu wyniesie:



Klinkier z dostawą $285.000 \times \frac{100}{1000}$	31.350 zł.
Piasek na podkład $0,2 \times 4500 \times 4$	3.600 „
Rozsypanie piasku $900 \times 0,5$	450 „
Ułożenie klinkieru $4500 \times 0,6$	2.700 „
Uwałowanie	200 „
Piasek dla uzupełnienia fug $200 \times 4$	800 „
Rozsypanie tego piasku i zapełnienie fug $200 \times 0,5$	100 „
Razem	39.200 zł.

co stanowi koszt 1 m.<sup>2</sup>  $39.200 : 4500 = 8$  zł. 71 gr., koszt zaś 1 km. nawierzchni z tłucznia granitowego na podkładzie i warstwie piasku 15 cm. przy tych samych warunkach i cenie 1 m.<sup>3</sup> kamienia loco budowa 16 zł. wyniesie:

Kamień z dostawą $1350 \times 16$	21.600 zł.
Tłuczenie $630 \times 7$	4.410 „
Piasek $4500 \times 0,15 \times 4$	2.700 „
Rozsypanie piasku $675 \times 0,5$	338 „
Ułożenie podkładu $4500 \times 0,25$	1.125 „
Rozsypanie tłucznia $630 \times 0,8$	504 „
Wałowanie z dostawą wody, utrzymanie masz opał s. t. c.	2.000 „
Rozsypanie miału i żwirku $100 \times 10$	1.000 „
Razem	33.677 zł.,

co stanowi koszt 1 m.<sup>2</sup>  $33677 : 4500 = 7.50$  zł. Koszt ten jest pozornie tylko niższy od bruku klinkierowego przy podanych wyżej warunkach, ponieważ utrzymanie nawierzchni z tłucznia granitowego w ciągu 10 lat, przeznaczając tylko 50 m.<sup>3</sup> tłucznia rocznie na km: drogi będzie wynosić:

Kamień $500 \times 16$	8.000 zł.
Tłuczenie $500 \times 7$	3.500 „
Rozsypanie $500 \times 2,25$	1.125 „
Miał, lub żwirek $50 \times 2,25$	112 „
Razem	12.737 zł.

Koszt zaś utrzymania nawierzchni z bruku klinkierowego w ciągu 10 lat będzie wynosił 65,000 sztuk klinkieru po 110 zł. czyli 7150 zł. Robotę przy naprawianiu wykonają dróżnicy. Wobec powyższego koszt 1 km. bruku klinkierowego po 10 latach łącznie z kosztem budowy i utrzymaniem będzie wynosił  $39200 + 7150 = 46,350$  zł., a koszt nawierzchni z tłucznia granitowego  $33677 + 12737 = 46,416$  zł. Należy tu nadmienić, że ruch na drogach klinkierowych w lubelszczyźnie, średnio na 1 dobę za pierwsze półrocze roku 1926 wynosił na drodze Lwowskiej

Nr. 9 — 300 pojazdów dziennie, a na podmiejskich odcinkach pod Zamościem — 900 pojazdów; na drodze Chełm—Hrubieszów Nr. 6/2 przeciętnie 400 pojazdów.

Koszt 1 km. drogi klinkierowej na podkładzie z klinkierów wynosi:

Klinkier na nawierzchnię z dostawą	$285,000 \times \frac{100}{1000}$	31.350 zł.
„ „ podkład „ „	$160,000 \times \frac{100}{1000}$	17.600 „
Piasek (warstwa dolna, górna i wypełnienie fug)		
1100 $\times$ 4		4.400 „
Rozsypanie tego piasku	$1100 \times 0,5$	550 „
Ułożenie klinkierów na płask	$4500 \times 0,3$	1.350 „
„ „ na powierzchni	$4500 \times 0,6$	2.700 „
Wałowanie		200 „
Razem		58.150 zł.

czyli 1 m.<sup>2</sup> podwójnego bruku klinkierowego wynosi:

$$58150 : 4500 = 12.90 \text{ zł.}$$

Koszt 1 km. drogi klinkierowej na podkładzie z betonu 1:3:5 i wypełnieniem fug zaprawą cementową 1:3 wyniesie:

Podkład betonowy z robocizną	$450 \times 60$	27.000 zł.
Piasek (warstwa 5 cm. nad betonem)	$225 \times 4$	900 „
Rozsypanie piasku	$225 \times 0,5$	113 „
Klinkier	$285 \times 110$	31.350 „
Ułożenie klinkierów	$4500 \times 0,6$	2.700 „
Wałowanie		200 „
Zaprawa cementowa 1:3 = 50 m. <sup>2</sup> łącznie z wypełnieniem		2.450 „
Razem		64.713 zł.

czyli 1 m.<sup>2</sup> = 14,38 zł., co dla naszych warunków, stanowi koszt stosunkowo wysoki. Bruk klinkierowy nawet na podkładzie z piasku i przy wypełnieniu fug również piaskiem, przy nieznacznym u nas ruchu samochodowym, rozumie się ułożony na należycie odwodnionym podtorzu i przy użyciu odpowiednich materiałów i sumiennym wykonaniu, daje gwarancję długotrwałości przy nieznacznym koszcie utrzymania i może konkurować z drogami o nawierzchni z tłuczni granitowego. Bruki klinkierowe w miastach województwa lubelskiego również przetrwały bardzo intensywny ruch wojenny w 1914—1918 i w roku 1920, i mają stosunkowo zadowolniający wygląd. Rysunek 17 przedstawia Plac Łokietka w Lublinie, koło Bramy Krakowskiej i Magistratu, a rys. 18 Plac Katedralny w Lublinie po 16-tu latach bez renowacji.

Z powyższych wywodów wynika że:



1. Wobec braku odpowiednich materiałów do budowy dróg bitych na znacznym obszarze Rzeczypospolitej, gdzie jednak znajdują się odpowiednie dla wyrobu klinkieru złoża glin, opłaca się stosować klinkier o ile koszt 1 m.<sup>3</sup> kamienia twardego przewyższa koszt 150—200 sztuk klinkieru.

2. Państwo powinno ułatwiać Sejmikom Powiatowym, względnie prywatnej inicjatywie uzyskanie taniego kredytu na budowę klinkierni.

3. Klinkiernie należy budować z takim wyrachowaniem, aby mogły obsłużyć rejon w promieniu około 25—30 km.

4. W celu należytego wykorzystania opału i racjonalnego obiegu



Rys. 17.



Rys. 18.

gazów pożądanem, będzie budować klinkiernie o piecach 16-komorowych z generatorami na węgiel.

5. Należy zaopatrzyć klinkiernie w samochody ciężarowe z przyczepkami dla zmechanizowania dostawy klinkierów na budowę, tak ze względów ekonomicznych, jak i uniezależnienia kierownictwa od miejscowych warunków, w odniesieniu do poszukiwania furmanek, szczególnie w okresach robót polnych.

6. Kierownictwo robót powierzać tylko wykwalifikowanemu dozownikowi, pod kierownictwem inżyniera specjalisty, ponieważ tylko dobrze i sumiennie wykonane roboty i odpowiednio dobrany materiał może dawać gwarancję długotrwałości bruków klinkierowych, przy małych kosztach utrzymania.

W końcu należy nadmienić, że w polskiej literaturze technicznej

spotykamy bardzo mało prac poświęconych sprawie budowy i utrzymania dróg klinkierowych, oraz produkcji klinkieru. Dotychczas nie posiadamy większej pracy w języku polskim obejmującej całokształt omawianych zagadnień. Przy opracowaniu niniejszej rozprawy autor korzystał z następujących wydawnictw i materiałów urzędowych.

P o p o l s k u :

Inż. J. HOLANICKI-SZULC — „O klinkierach drogowych i rurach kamionkowych.“ — „Roboty Publiczne“ Organ Min. Rob. Publ. zeszyt 4 rok 1919 Warszawa.

Inż. A. KÜHNEL — „Drogi“ r. 1922 Lwów

Inż. M. NESTOROWICZ — „Materiały do budowy i utrzymania dróg w Polsce„. — „Przegląd Techniczny“ Nr. 40—45 r. 1924 Warszawa.

Inż. MODZELEWSKI — „Ceramika“ Kraków 1925 r.

Akta klinkierni w Białopolu, Budach, Izbicy i Zamościu r. 1921—1926, Okręgowa Dyrekcja Robót Publicznych w Lublinie.

P o r o s y j s k u :

Inż. J. ZBOROWSKI — „Klinkier i klinkiernyja drogi“ wyd. b. Warszawskiego Okręgu komunikacji. Warszawa r. 1901.

Inż. K. CWIETKOWSKIJ — „Otczet o komandirowkie za granicu dla oznakomlenja z klinkiernym proizwodstwom i wybora maszyn dla kazionnago zawoda w Białopole“ — wyd. b. Warszawskiego Okręgu Komunikacji. Warszawa r. 1909.

Inż. A. GELFER — „Klinkier (zwonczak) kak iskustwiennyj kamień dla ustrojstwa dorog i sooruzenij“. Wydanie Min. Komunikacji. Petersburg 1913 r.

Inż. N. DAWIDENKOW — „Dorožnoje dieło“ szosejnyja i grunto-wyja dorogi“ — Wydanie Transpieczat, Moskwa 1925 r.

---