

Prof. W. MOZER

(LWÓW)

Nowsze materiały stosowane w budownictwie maszyn

(na tle wrażeń z wystawy automobilowej w Berlinie i targów maszynowych w Lipsku na wiosnę 1936 r.)

Odczyt wygłoszony w Polskim Towarzystwie Politechnicznym we Lwowie dnia 1 maja 1936 r.

(Dokończenie).

Silumin-beta, a więc nieulepszony termicznie stop, posiada wytrzymałość zbliżoną do wytrzymałości miedzio-siluminu. Przez zahartowanie otrzymuje się silumin-gamma i wywołuje własności mechaniczne odpowiadające zupełnie wytrzymałości i twardości doborowego żeliwa szarego, w szczególności osiąga się w zahartowanych odlewach z form piaskowych ze siluminu-gamma doraźną wytrzymałość na rozzerwanie $R_r = 16-32$ (średnio 25) kg/mm^2 , wytrzymałość na granicy płynności $Q_r = 14-27$ (średnio 20) kg/mm^2 , wydłużenie zrywające $A_1 = 2,5-0,4$ (średnio 1) % i twardość 75-110 (średnio 90) st. Brinella. Wobec temperatur do 150° nie zauważono praktycznie żadnych zmian własności technologicznych siluminu-gamma. Powyżej tej temperatury wytrzymałość powoli spada, przy czym przy dłuższym działaniu temperatury $200-250^\circ$ skutki hartowania zanikają. Aby temu zapobiec, wytworzono specjalną odmianę siluminu-gamma z dodatkiem 1-2% miedzi.

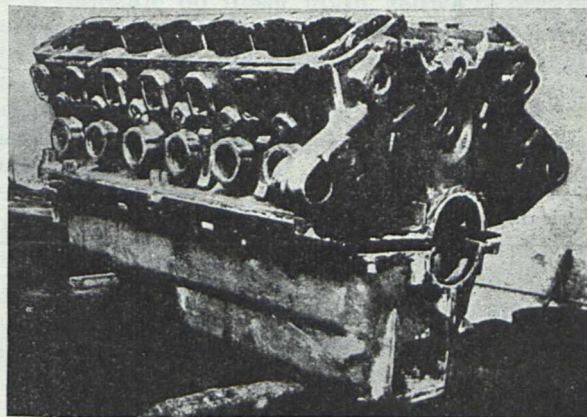
Proces ulepszenia termicznego, czyli zahartowania odlewów składa się z trzech operacji: żarzenia przy 530° w okresie 3-4 godz., następnie szybkiego oziębienia w zimnej wodzie, co w wyniku prowadzi do zupełnego rozpuszczenia się kryształów krzemku magnezu (Mg_2Si) w osnowie glinowej, i wreszcie odpuszczenia przy 150° przez 20 godzin.

Silumin-gamma znalazł obszernie zastosowanie na odlewy maszynowe szczególnie tam, gdzie zachodzi potrzeba przyjęcia dużych zasobów pracy, a ciężar ma pozostać przy tym możliwie mały, więc np. do silników lotniczych, silników Diesla używanych do samochodów i do wagonów motorowych (ryc. 9), w okrętownictwie itp., nadto — z uwagi na dobrą odporność korozyjną — w przemyśle chemicznym.

Stop ten był reprezentowany u bardzo wielu wystawców niemieckich.

Na obydwu wystawach uwagę zwracały również stopy glinowe odporne na korozję, jak hydronalium, KSS itp. Są to stopy z zawartością do 10% Mg , możliwie wolne od żelaza, z pewnymi dodatkami, np. hydronalium w %: 5-9 Mg , 0,3-0,45 Mn , reszta glinu; KSS w %: 2,5 Mg , 1 Mn , 0,2 Sb , reszta Al (na odlewy). Istota ich polega na tym, że magnez w ilości do 10% tworzy w nieobecności krzemu

połączenie $Al Mg$, przechodzące do roztworu stałego i sprzyja wytworzeniu się warstwy tlenków nadzwyczaj mocnej, ciągliwej i nieprzenikliwej dla wody morskiej i pewnych płynów. Oczywiście, nie ma tu mowy o absolutnej odporności, dlatego niektórzy zanurzają metal w solach chromowych tworzących z metalem na powierzchni trwałą powłokę. Dobre powłoki można uzyskać również lakierem lub farbą.



Ryc. 9.

Blok cylindrowy silnika Maybacha do wagonu motorowego „Latający Hamburgczyk“, wykonany z ulepszanego siluminu-gamma.

Z licznie wystawionych stopów należy z kolei wymienić elektron, należący do najłżejszych metalowych materiałów konstrukcyjnych. Na wystawie zauważyliśmy bardzo wiele odlewów, szczególnie wielkich rozmiarów, wykonanych z tego stopu.

Poświęćmy wreszcie nieco uwagi stopom lekkim używanym na tłoki silników spalinyowych. W tej dziedzinie było stosowane do niedawna niepodzielnie żeliwo, głównie ze względu na swą odporność na działanie wysokich temperatur i małą ścieralność, a także małą rozszerzalność, a więc możliwość zachowania małego luzu pomiędzy częściami pracującymi tłoka i cylindra. Do niezaprzeczonych wad tłoków żeliwnych należy jednak znaczny ciężar i małe

przewodnictwo ciepłe, wskutek czego odprowadzenie ciepła napotyka na trudności.

Tych niedogodności nie posiadają tłoki z metali lekkich, które poza mniejszym ciężarem

właściwym cechuje przede wszystkim lepsze przewodnictwo ciepłe niż u żeliwa. Tłoki takie rozgrzewają się mniej od żeliwnych, co w wyniku powoduje mniejsze koksowanie oliwy,

TAB. III.

Nazwa stopu	Skład %								Zastosowanie
	Cu	Si	Fe	Mn	Ni	Mg	różne	Al	
Stopy miedziowo-glinowe:									
Stop amerykański	12—16	~ 0,5	0,5—1	—	—	ewent. 0,5	—	reszta	tłoki zastępcze do silników tanich samochodów lub mało obciążonych silników
Nelson-Bohnalite	9—10	~ 0,3	< 1	—	—	0,1—0,5	—	"	tłoki z płaszczami rozciętymi ze wstawkami z inwaru, płaszcze tłoków ze wstawkami, tłoki samochodów osobowych
Y	3,5—4,5	< 0,6	< 0,6	—	1,8—2,3	1,2—1,7	—	"	tłoki silników Diesla, lotniczych, tłoki odlewane i prasowane samochodów wyścigowych, silników parowych i kompresorów
RR 58	2,25	1,25	1,4	—	1,3	1,6	Ti ~ 0,1	"	zamiast stopu Y do celów, jak wyżej
RR 59	2,25	0,5	1,4	—	1,3	1,6	Ti ~ 0,1	"	
Stopy krzemowo-glinowe:									
titanal	12	4,3	0,5	—	—	0,3	—	reszta	mało używany
KS 1275 EC 124 nūral 132 Low E _x	1	~ 13 — 12,5	~ 0,8	—	1—2,5	~ 1	—	"	tłoki do małych silników Diesla, motocykli, ciągników, wagonów motorowych — najczęściej z rozciętymi płaszczami, stop ummertalny z małą rozszerzalnością z temperaturą
KS 245	~ 4,5	~ 14	~ 0,5	~ 1	1,5	~ 0,7	—	"	do celów, jak wyżej — najczęściej na tłoki nie nacięte, bo rozszerzalność jeszcze mniejsza
alusil	1,5	20—22	~ 0,6	—	—	—	—	"	wypróbowany stop na tłoki do samochodów osobowych i ciężkich; spokojny bieg, mały luz między tłokiem i cylindrem
KS 280	1,5	20—22	~ 0,6	0,6	1,5	0,5	Co 1,25	"	do motorów b. obciążonych, o małym luzie tłokowym, szczególnie dla silników dwutaktowych; najwyższa odporność na zużycie i wpływ ciepła, mała rozszerzalność z temperaturą
Stopy magnezowo-krzemowe:									
ZS 32	—	~ 2	—	—	—	reszta	Zn ~ 3	—	stop wypierany nawet w samochodach wyścigowych przez stop Y

a więc lepsze smarowanie i możliwość użycia większej kompresji w przestrzeni spalinowej cylindra. Jedyną trudnością, na jaką się tu natrafia, jest ciągle jeszcze stosunkowo niewysoka wytrzymałość stopów lekkich na znaczne temperatury panujące w cylindrach silników spalinowych.

Stopy lekkie, które znalazły zastosowanie jako materiał na tłoki, poznać można z powyższego zestawienia (ob. Tab. III.).

Spośród trzech przedstawionych tutaj typów lekkich stopów na tłoki najczęściej są dziś używane materiały zawierające miedź, gdyż szybko odprowadzają ciepło i opierają się działaniu temperatury (tutaj zaliczyć trzeba stop *Yi RR 53*), nadto — stopy z dodatkim krzemu, przyczyniającym się do obniżenia zużycia i ciągliwości na gorąco. Z tych ostatnich najczęściej są stosowane w Niemczech: alusil, *KS 245* i *KS 280*.

W dziedzinie budowy tłoków z lekkich metali osiągnięto pomyślne wyniki nie tylko odpowiednim doбором składu stopów, wzgl. umiejętnością ich odlewania, ale także konstrukcją tłoka ze wstawkami z odrębnych metali. Największa trudność, którą tu przewyciężyć trzeba, polega na odmiennym rozgrzewaniu się w ruchu tłoka aniżeli cylindra, gdyż tłok jest z reguły znacznie gorętszy od tulei cylindra, a więc wydłuża się i rozszerza więcej od niej.

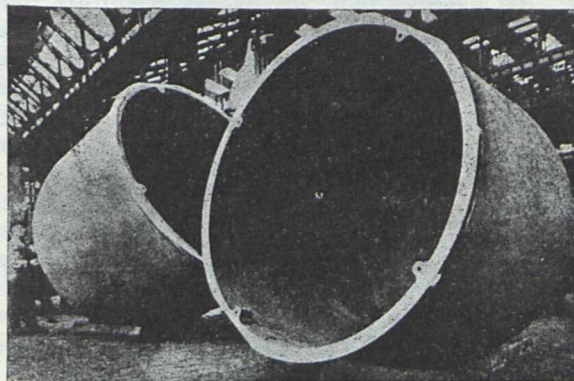
Kończąc krótkie omawianie stopów lekkich wypada zrobić jeszcze jedną uwagę ogólną. Niemcy starają się, gdzie tylko możliwe, zastąpić rzadsze i droższe metale sprowadzane z zagranicy materiałami wyrabianymi w kraju, wzgl. tańszymi. Do tych należy glin. Wykonują tedy olbrzymie ilości rozmaitych przedmiotów, nie tylko dla przemysłu samochodowego i lotniczego, z glinu i jego stopów.

Duży rozmach i postęp daje się zauważyć w Niemczech także w dziedzinie stali i materiałów pokrewnych. Chociaż może mniej narzucająco, wystawione były na obu wystawach rozmaite przedmioty z żeliwa i staliwa specjalnego.

Jak wiemy, powoli zaczyna się jak gdyby zatracać różnica między żeliwem i stalą. Żeliwo jest, mówiąc obrazowo, stalą o licznych mniejszych lub większych jamach wypełnionych grafitem lub chemicznym połączeniem węgla, tzw. cementytem, które przerywają metaliczne podłoże, a więc obniżają wytrzymałość. Dokładne poznanie budowy wnętrza żeliwa doprowadziło do metod jego uszlachetnienia, a więc podniesienia jego własności mechanicznych. Zasadniczo są dwie drogi ulepszenia żeliwa: jedna — polega na polepszeniu metod odlewania, zmniejszeniu ogólnej zawartości węgla i cieplnej przeróbce zmieniającej wielkość i ułożenie ziarn grafitu, druga — wprowadza do żeliwa dodatki stopowe. Pierwszą drogę obrali Niemcy, zresztą z konieczności, bo nie mieli w czasie wojny światowej potrzebnych dodatków, drugą zaś — Amerykanie.

Uszlachetnienie żeliwa za pomocą dodatków stopowych jest metodą historycznie najstarszą. Ogólnie stosuje się dodatki

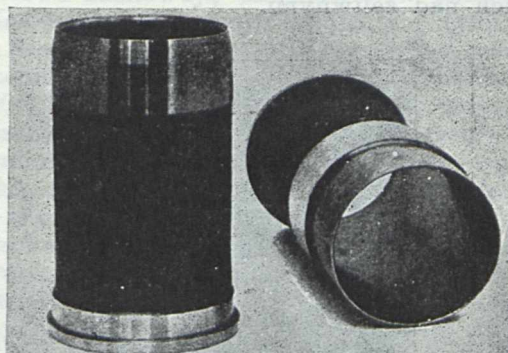
niklu, chromu, chromo-niklu, wanadu, tytanu, molibdenu i wolframu. Na ryc. 10 i 11 widzimy przykłady odlewów z żeliwa niklowego,



Ryc. 10.

Kotły do topienia z żeliwa perlitycznego używane w przemyśle chemicznym, wykonane przez zakłady F. Kruppa w Essen. Waga jednego odlewu — 15.000 kg.

które — mimo wyższej ceny od żeliwa zwykłego — znajduje dziś, z uwagi na swe cenne zalety, coraz liczniejsze zastosowanie przemysłowe. Zależnie od ilości niklu żeliwo to przybiera charakter perlityczny, martenzytyczny lub austenityczny. Do ciekawszych gatunków należą odmiany austenityczne o znacznej zawartości niklu, z wysoką odpornością na korozję, żar i ścieralność, przy tym bardzo gęste, co ma wielkie znaczenie w przemyśle chemicznym.



Ryc. 11.

Tuleje cylindrowe z martenzytycznego żeliwa niklowego odlane metodą odśrodkową.

Pomiędzy tymi rodzajami na szczególniejszą uwagę zasługuje znane w Niemczech żeliwo „niresist“ o składzie $\%$: 2,75—3,1 C, 1,25—2 Si, 1—1,5 Mn, 12—20 Ni, 5—9 Cu, 1,5—6 Cr, używane między innymi na wkładki nośne pierścieni tłokowych w tłokach z lekkich metali (ryc. 12). Przy fabrykacji tłoków wkładki te są wstawiane we formy i zalewane następnie właściwym stopem lekkim. Pomyślne stosowanie tłoków z lekkich metali o znacznie wyższych współczynnikach rozszerzalności cieplnej od żeliwa szarego, (co ruchowo korzystnie wyróżnia je

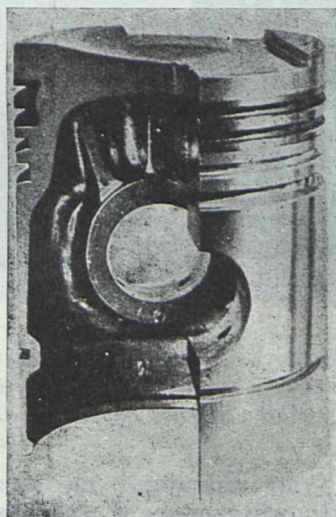
w porównaniu z żeliwnymi), było znacznie ograniczone małą ich odpornością na mechaniczne



Ryc. 12.

Tłok ze stopu lekkiego z uszkodzonymi rowkami pierścieniowymi.

zużycie, zwłaszcza w miejscach, gdzie panują najwyższe ciśnienia wybuchowe. Skutki tego można poznać z ryc. 13. Dopiero wprowadzenie do tłoków z lekkich stopów wkładek nośnych z materiału twardego i odpornego na wybijanie się pod wpływem znacznych ciśnień rozwijanych w silnikach spalinowych, a równocześnie posiadającego ten sam współczynnik wydłużenia, co ma materiał używany na te tłoki, rozstrzygnęło ostatecznie o wyższości tłoków ze stopów lekkich nad żeliwnymi.

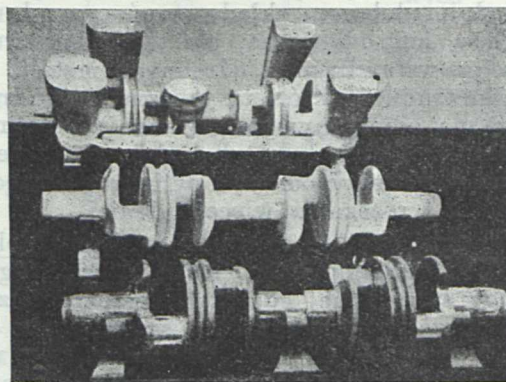


Ryc. 13.

Tłok ze stopu glinowo-krzemowego z nośnymi wkładkami pod pierścienie tłokowe z żeliwa niklowego „niresist“.

Spośród składników uszlachetniających wysunął się ostatnio na pierwszy plan molibden, który wprowadza się w ilości 0,2—0,6%. Dodany molibden rozpuszcza się w ferrycie

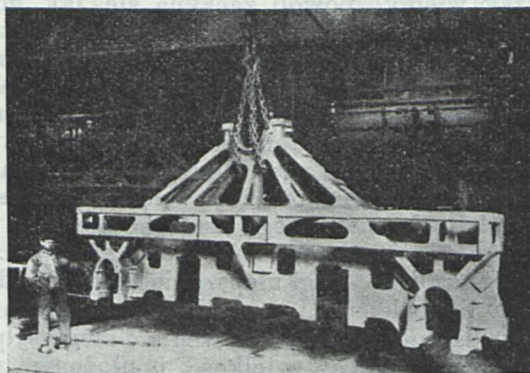
przyczyniając się z jednej strony do rozdrobnienia grafitu, z drugiej zaś strony prowadzi do wytworzenia struktury drobnej perlitycznej przechodzącej w sorbityczną. W wyniku podnosi się odporność żeliwa na ścieranie oraz wytrzymałość na działanie sił zmiennych, (np. żeliwo na młoty spadowe o zawartości $\%$: 2,5 C i 1 Mo). Jeszcze lepsze wyniki osiągnięto za pomocą żeliwa molibdenowo-niklowego, o składzie $\%$: 3 C, 1,5 Si, 0,8 Mn, 0,6 Ni, 0,5 Mo. Nikiel podnosi tu znacznie obrabialność. W odlewach cylindrów i tulei suwakowych udział niklu podnosi się do 1,5%. Poza wymienionymi zastosowaniami z żeliwa molibdenowo-niklowego wykonuje się jeszcze formy kuzienne, łoża ciężkich obrabiarek, pierścienie tłokowe, suwaki parowe, zawory, wały korbowe (ryc. 14) i sterujące, części maszyn do rozdrabniania, mieszadła w piecach przemysłowych, kotły używane w przemyśle chemicznym itp.



Ryc. 14.

Wały korbowe z perlitycznego żeliwa molibdenowo-niklowego do silników Diesla napędzających traktory.

Do ciekawych gatunków żeliwa uszlachetnionego bez dodatków stopowych, spotkanego na targach lipskich na stoisku

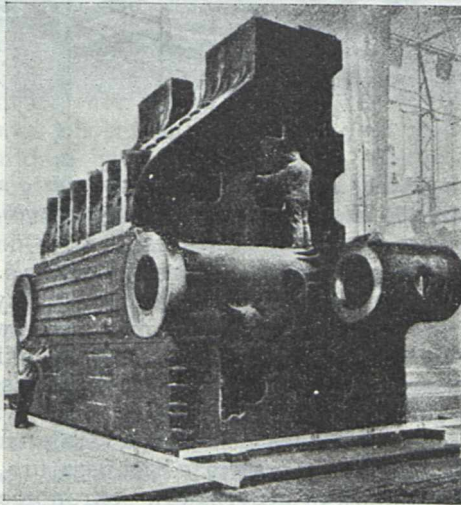


Ryc. 15.

Ostojnica lokomotywy elektrycznej odlana ze staliwa, o średniej grubości ścian = 18 mm. Odlew wykonany przez Zjednoczone stalownie w Bochum.

Friedrich-Wilhelms-Hütte, Mühlheim-Ruhr należało żeliwo marki „Silbereisen“, mało węgliste

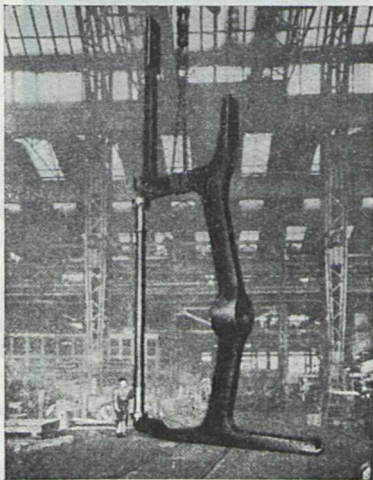
(C do 2,8%), niezwykle ubogie w siarkę (0,02–0,04% S), zależnie od rodzaju z małą ilością fosforu (0,07–0,09% P), to znów dużą (0,3–0,8% P), o większej zawartości krzemu (1–1,5% Si) lub nawet dość znacznej (1,7–2,5% Si), przy zawartości manganu 0,4–0,7%. Żeliwo to nadaje się na odpowiedzialne części maszyn, jak cylindry silników parowych, gazowych, kompresorów, lokomotyw itp., wzgl. jako dodatek do zwykłego żeliwa, podnoszący jego wytrzymałość (do $R_r = 25–35 \text{ kg/mm}^2$ – wedle katalogu).



Ryc. 16.

Staliwny odlew dolnej głowicy poprzecznej do 15.000-tonowej prasy kuzienniej.

Rozpatrzmy teraz obecny stan rozwoju staliwa stopowego, które zdobywa sobie na Zachodzie, a także i w Niemczech, coraz szersze zastosowanie, wypierając stal przekuwaną, wzgl. dawniejsze żeliwo szare, o czym pouczają nas odlewy przedstawione na ryc. 15, 16 i 17.



Ryc. 17.

Staliwny odlew tylnicy okrętowej (steven).
Waga 21.000 kg.

Należy zresztą pamiętać, że staliwo, chociaż bardzo wytrzymałe, jest materiałem droгим i od-

lewniczo trudnym, z uwagi na znaczny skurcz i wysoką temperaturę odlewania.

Staliwo specjalne możemy podzielić rozmaicie, a więc zależnie od dodatków będziemy mieli staliwo: krzemowe, manganowe itp., zależnie od celu: np. odporne na korozję, niemagnetyczne, nierozszerzające się itp., zależnie od struktury: austenityczne, perlityczne, sorbityczne itp. Rozróżniamy dalej gatunki wysoko, średnio- i nisko-stopowe.

Ponieważ produktem wstępnym, z którego otrzymujemy zarówno staliwo, jak i stal kująną, jest ten sam materiał, a obydwa rodzaje różnią się od siebie w zasadzie rodzajem dalszej przeróbki, będziemy nieraz wplatać w ustępy poświęcone omawianiu odmian staliwa także uwagi dotyczące stali plastycznie przerabianych.

1. Staliwo manganowe.

Należy ono do najwięcej znanych staliw stopowych. Powstało dawno, bo jeszcze w r. 1888, w Ameryce jako austenityczne, z ilością 10 do 14% Mn . W r. 1909 wytworzono staliwo manganowe niskostopowe, o zawartości 1,1–2% Mn , wzgl. manganową stal perlityczną. Obydwa rodzaje znalazły wielkie zastosowanie w odlewnictwie stalowym, gdyż przeszło połowa używanych odmian staliwnych należy do manganowych. W Niemczech natomiast większym powodzeniem cieszą się jednak staliwa i stale chromo-niklowe.

Do stali perlitycznych należą gatunki, w skład których wchodzi 1,1–2% Mn przy 0,2–0,4% C i 0,2–0,5% Si , używane tam, gdzie chodzi o dużą wytrzymałość na rozerwanie przy jednoczesnej znacznej granicy płynności i wydłużeniu. Właściści swe zachowują one nawet w temperaturze 500°. Po ulepszeniu osiąga się tymi stalami $R_r = 100 \text{ kg/mm}^2$, $Q_r = 79 \text{ kg/mm}^2$, $A_{10} = 10\%$. Austenityczne stale manganowe o zawartości 7–20% Mn , a więc wysokostopowe, mają duże znaczenie w budowie maszyn do kruszenia i rozdrabniania materiałów z uwagi na swoją niezwykłą twardość i odporność na ścieranie. Pilnik prawie nie ściera tych stali, chociaż powierzchnia wykazuje tylko np. 170 st. Brinella. Wyrabia się z nich kubły do bagrów, ogniwa do wielkich łańcuchów, dysze do piasecznic, formy do pras, wewnętrzne części do młynów węglowych, zwrotnice kolejowe itp. Obrabia się je tarczami szlifierskimi lub specjalnymi narzędziami ze szczególnie twardych stali stopowych, np. o składzie 14% W , 4% Cr , 1,5% V , 4–5% Co . Stale manganowe austenityczne hartują się odwrotnie, tzn. po ogrzaniu i oziębieniu we wodzie – chociaż nie zmienia się ich naturalna twardość – stają się giętkie i dają się mechanicznie przerabiać (walcować). Z takich gatunków hartowanych wyrabia się blachy na kasy odporne na włamanie. Przy ulepszaniu należy pamiętać, że są złymi przewodnikami ciepła, posiadają 1/7 przewodnictwa cieplnego zwykłej stali węglistej); wskutek tego grubość, w jakiej można je stosować, jest dość ograniczona.

2. Staliwo krzemowe.

Tą nazwą obdarzamy takie gatunki, gdzie zawartość Si jest większa, aniżeli tego wy-

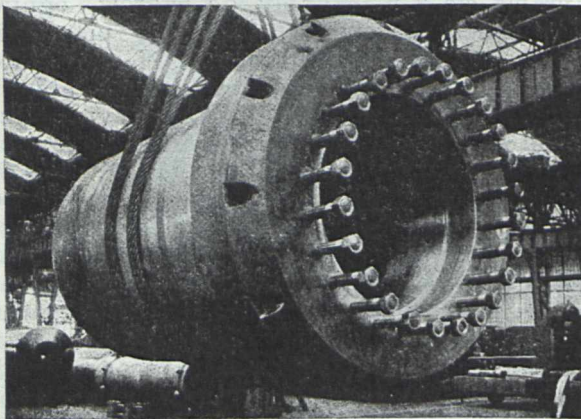
maga odtlnienie i uspokojenie gazów w wytopie. Znamy dwa rodzaje tych staliw: niskostopowe, posiadające wyższą granicę płynności od zwykłego staliwa, i wysokostopowe, z 13 do 16% *Si*, o bardzo znacznej kwaso-odporności. W r. 1925 wyprodukowano konstrukcyjną stał krzemową o składzie %: 0,06–0,18 *C*, 0,8–1,2 *Si*, 0,5–1 *Mn*, *P* i *S* < 0,04, osiągając granicę sprężystości $Q_r = 0,7 R_r$ wobec 0,55 R_r u zwykłej stali węglistej. Największe wartości, a zarazem graniczne, odpowiadają 4,5% *Si*. Kujność ustaje przy 7% *Si*. Przy niskostopowych stalach krzemowych uzyskuje się odporność na korozję dodatkiem 0,3% *Cu*.

W praktyce znane są następujące kwaso-odporne stale krzemowe: ironac %: 13 *Si*, 1 *C*; tantiron %: 14 *Si*, 0,75 *C*, 2 *Mn*; elianit %: 15 *Si*, 0,82 *C*, 2 *Ni*; duriron %: 15 *Si*, 0,83 *C*; metilure %: 16 *Si*, 0,59 *C*; thermosilid i thermosilid extra (Krupp). Są to stopy bardzo twarde, dające się obrócić tylko na szlifierkach, używane w przemyśle chemicznym do budowy kotłów, aparatów, rurociągów, wentyli do pomp, chłodziń itp. Stosując je trzeba pamiętać, że rozcieńczone kwasy atakują ściany naczyń znacznie więcej aniżeli skoncentrowane. Największą kwaso-odporność uzyskuje się przy 17% *Si*.

3. Staliwo nikłowe.

Znane jest jeszcze od czasów Faradaya (1820), a spotykane w meteorytach. Krupp wystąpił z używaniem tego staliwa w r. 1898, wykonując z niego armaty i szczególnie naprężane napędne koła parowozowe. Dzielą się one na: perlityczne, martenzytyczne (bez znaczenia praktycznego) i austenityczne.

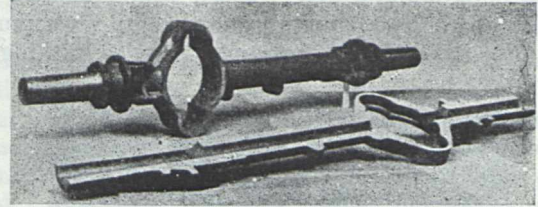
a) Stale nikłowe niskostopowe zawierają 1% *Ni*, średniostopowe — 2% *Ni*, wysokostopowe — 3% *Ni*, przy czym zawartość węgla waha się od 0,2 do 0,3%. Musi ona być nieznaczna, gdyż nikiel powoduje wydzielanie węgla w postaci grafitu. Obecność niklu polepsza znacznie własności mechaniczne podnosząc wytrzymałość na zerwanie, a szcze-



Ryc. 18.

Cylinder do prasy ze staliwa nikłowego o zawartości 1,6% *Ni*. — Waga w stanie gotowym — 84.000 kg. — Własności mechaniczne: $R_r = 59 \text{ kg/mm}^2$, $Q_r = 35 \text{ kg/mm}^2$, $A_5 = 26\%$. — Wyrób F. Kruppa, Essen.

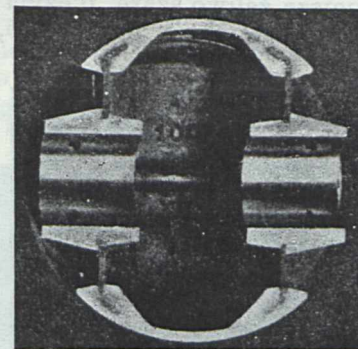
gólnie granicę płynności, nie zmieniając zbytnio wydłużenia. Stosunek R_r do Q_r , wynoszący u zwykłych stali węglistych 1:0,55, podnosi się tu do 1:0,75. Stale te są bardzo odporne na uderzenia. Przykłady zastosowania perlitycznego staliwa nikłowego wskazują nam ryc. 18 i 19.



Ryc. 19.

Pochwa do tylnej osi ze staliwa nikłowego o zawartości 2% *Ni*, do samochodów ciężarowych.

b) Stale nikłowe austenityczne. Przy składzie 25% *Ni* są niemagnetyczne; używane bywają bądź w postaci odlewów, bądź w stanie kutym we wieżach kapitańskich okrętów, aby zabezpieczyć igłę magnetyczną busoli od ubocznych wpływów. Stale te są przy tym nierdzewne. Inny rodzaj stanowią stale nikłowe niewydłużające się prawie z temperaturą, używane do budowy przyrządów chronometrycznych i geodezyjnych oraz na wkładki do tłoków samochodowych z lekkich metali (ryc. 20). Do nich należy inwar (%: 35–38 *Ni*, 0,3–0,5 *C*), nierozszerzalny praktycznie od 0 do 100°. Za pomocą pewnych dodatków można osiągnąć zupełny zanik rozszerzalności. Stopem takim jest elinwar, zawierający obok żelaza w %: 36 *Ni*, 12 *Cr*, 1–2 *Mn*, 4 *W*, 0,1 *C*.



Ryc. 20.

Tłok ze stopu lekkiego Nelson-Bohmelite z zatopioną wkładką inwarową, w przekroju.

c) Staliwo nikłowo-glinowe, wynalezione przez Mishima, stanowi najlepszy ze znanych materiałów na trwałe magnesy.

d) Staliwo nikłowo-manganowe (%: $C = 0,25$, $Mn = 1$, $Ni = 1$) używane jest na armatury i bardzo naprężane części maszyn. Krupp np. wykonał z tej stali śrubę okrętową do okrętu obsługującego okolice podbiegunowe, pracującą w bardzo niekorzystnych warunkach

(rozbijanie lodu, znaczna korozja). Stale te nie są zbyt chętnie używane, gdyż łatwo tworzą wydzielenia.

e) Staliwo niklowo-molibdenowe: $Mo-Ni$ (‰: 0,4—2,2 Ni , 0,2—0,6 Mo , 0,2 C , 0,8 Mn , 0,25 Si) bywa stosowane przy wysokich temperaturach, np. 500°.

f) Staliwo niklowo-wanadowe (0,2 do 0,3‰ V) jest często stosowane w amerykańskim przemyśle samochodowym. Wanad oczyszcza wsad z tlenków i z azotu.

4. Staliwo chromowe.

Chrom podnosi twardość i odporność na ścieranie, a przy znacznych ilościach daje ognioodporność, nierdzewność i kwasoodporność. Ponieważ obok manganu chrom jest najtańszym składnikiem stopowym, stosują takie staliwo w szerokim zakresie, na łamacze, na części trące młynów itp. Najosobliwszą zaletę stanowi jego odporność na ścieranie — mimo małej twardości w st. Brinella. Staliwo takie nie jest kruche. Pewną wadę stanowi skłonność do powstawania rys na zimno i na gorąco, większa niż u stali manganowych. Użycie manganu czy chromu jako dodatku do staliwa jest sprawą zapatrywania. W Ameryce stosują chętnie staliwo manganowe, w Niemczech zaś chromowe.

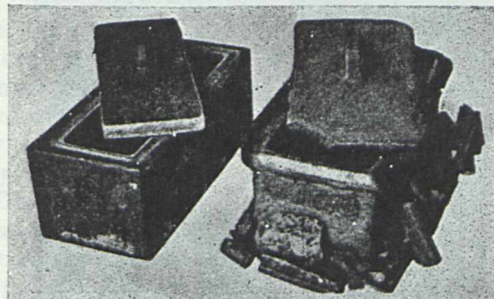
Przy znacznych dodatkach chromu (np. 13‰ Cr) uzyskujemy odporność na temperatury do 800°, (np. skrzynki hartownicze, ruszty itp.). Staliwo powyżej 12‰ Cr jest bezwzględnie nierdzewne, odporne na działanie wody morskiej, kwasu azotowego, octowego, na gazy i pary, mniej natomiast na kwas solny i siarkowy oraz alkalia. Twardość stali chromowych zależy od tworzenia się podwójnych karbidów. Ze wzrostem ‰ węgla podnosi się ona tak, że stal o 1—1,5‰ C przy 2,5—4‰ Cr nie daje się obrabiać stalą węglistą i nacinać dłutem. Stale te są trudno odlewalne i mają znaczny skurcz wynoszący 2,25—3‰. Aby polepszyć odlewalność tych stali, podnosi się zawartość węgla do 2‰.

Staliwo i stale chromowe specjalne.

a) Staliwo i stale chromowo-glinowe. Należy tu stop „sicromal“, wyrabiany przez Vereinigte Stahlwerke w Dortmundzie, o składzie ‰: 5—22 Cr , 0,3—3,5 Al , Si do 1, > 0,1 C , 0,3 Mo , 0,5 Mn , używany na przedmioty przeznaczone do pracy w wysokich temperaturach, np. na ruszty, piece emaliowane, skrzynki do wyżarzania itp. Są znane cztery odmiany stali chromowo-glinowych, a to wytrzymałe na temperatury: 800, 900, 1000 i 1200°. O zachowaniu się sicromalu w ogniu w porównaniu ze zwykłym staliwem poucza dobrze ryc. 21. Powszechniej aniżeli w postaci lejnjej spotykamy ten materiał jako stal kuzniczo przerabianą, głównie na rury walcowane i zgrzewane do ogrzewaczy powietrza, rekuperatorów itd. Stale te są dobrze zgrzewalne.

b) Staliwo chromowo-kobaltowe. Kobalt jako dodatek znalazł początkowo zastosowanie w stalach narzędziowych do polepszenia

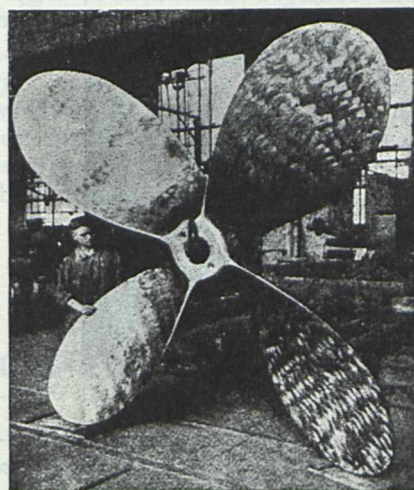
zdolności skrawania. Stale kobaltowe odznaczają się małą zmianą objętości przy hartowaniu i małą czułością na przegrzanie. Z powodu znacznej ceny nie znalazły, poza kilkoma przypadkami, szerszego zastosowania w przemyśle. W postaci staliwa używa się ich na magnesy trwałe, (np. ‰: 0,9—1,2 C , 0,3—0,5 Mn , 5—6 Cr , 5—6 Co , niekiedy 1—1,5 Mo).



Ryc. 21.

Skrzynka do wyżarzania; po lewej stronie odlew z sicromalu po przebyciu 800 godzin w temperaturze od 1000 do 1050° — bez śladu utlenienia i uszkodzenia; po prawej stronie odlew ze staliwa niestopowego po 30 godzinach przebywania w żarze — znacznie uszkodzony.

c) Staliwo chromowo-molibdenowe (‰: 0,7—1 Cr , 0,2—0,4 Mo , 0,2—1 C) odznacza się wysoką granicą płynności i dobrą obrabialnością pomimo znacznej twardości. Używane bywa na zawile odlewy sprawiające trudności przy ulepszaniu.

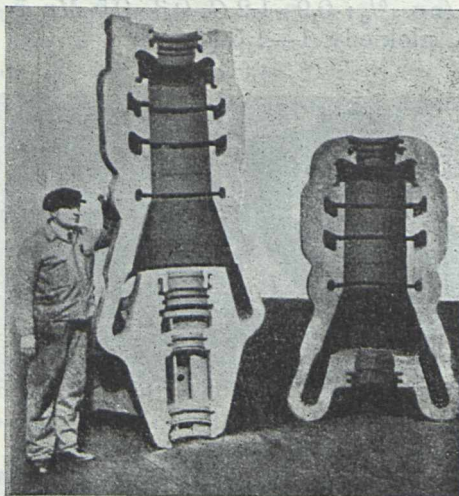


Ryc. 22.

Smigło okrętowe ze staliwa Kruppa marki V2A.

d) Staliwo chromowo-niklowe. Odlane po raz pierwszy przez Kruppa (1898) i użyte na płyty pancerne i rury armatnie, nabrało szczególnego znaczenia w czasie wielkiej wojny. Obecnie jest w powszechnym użyciu. Kilka przykładów zastosowania tych stali wskazują ryc. 22, 23 i 24. Dodatek niklu do stali chromowej łagodzi głównie kruchość wywołaną

obecnością chromu i polepsza poza tym inne własności mechaniczne. Granica płynności leży tu bardzo wysoko względem granicy wytrzymałości i osiąga, zależnie od przeróbki cieplnej, nawet stosunek: $R_r : Q_r = 1 : 0,8$, przy bardzo



Ryc. 23.

Części osłony turbinowej ze staliwa nikielowo-chromowego z zawartością: 3% Ni i 0,5% Cr, wykonane przez zakłady górnicze i hutnicze w Witkowicach (Czechosłowacja).

wielkim wydłużeniu, przez co uzyskuje się znaczną odporność na uderzenia. Wysoko położona granica płynności zabezpiecza poza tym materiał przed starzeniem się. Do dalszych dodatkowych własności należy znaczna odporność na rdzewienie i kwasy oraz na utlenianie się w ogniu.

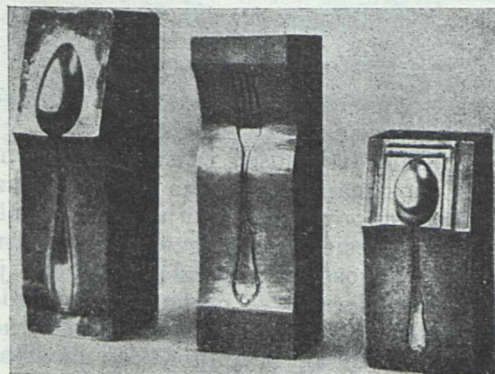


Ryc. 24.

Wirnik turbiny Peltona ze staliwa nikielowo-chromowego z zawartością: 3,5% Ni i 0,8% Cr. — Zjednoczone Stalownie w Bochum (Niemcy).

Stal Kruppa marki V2A (o składzie %: 0,3 C, 6 Ni, 20 Cr) znalazła szczególne zastosowanie w niemieckim przemyśle chemiczno-wojennym, a to przy wyrobie kwasu azotowego, do którego używano azotu z powietrza. Na stoisku Kruppa w Lipsku oglądać można było sporo przedmiotów ze stali V2A, w tym naczynia kuchenne i zastawę stołową. — Wśród stali nikielowo-chromowych znajdujemy specjalne gatunki żaro-oporne, np. stale Kruppa marki NCT z 20% Ni i 25% Cr. Na ryc. 25 widzimy

formy do wytłaczania części zastawy stołowej wykonane z takiej stali. — Stal nikielowo-chromowa o składzie %: 0,07—0,1 C, 18 Cr i 8 Ni — nie utlenia się zupełnie i nie iskrzy nawet przy 1150°, zaś z dodatkiem 2—2,5% Si oraz 0,5 do 1% Al — nawet przy 1200°. Stale nikielowo-chromowe mogą być również nawęglane. Należy na koniec pamiętać, że są one jednak źle odlewalne i posiadają znaczny skurcz (2,7%).



Ryc. 25.

Formy do wytłaczania części zastawy stołowej ze staliwa żaro-opornego.

e) Staliwo chromowo-krzemowe. Krupp wyrabia takie staliwo pod nazwą „Ferrotherm“ w odmianach o znakach: FF 118, FF 128 i FF 228 — na odlewy ognio-oporne w temp. 1000°, wzgl. 1100°, przeznaczone na retorty, zgarńiacze szlaki, ruszty, tygły i wanny solne, armatury, szyny, kółka i osi wózków umieszczone w piecach żarowych itd.

Oznaczenie:	Skład %:		
	C	Si	Cr
FF 118	1,3	2,0	17
FF 128	0,8	2,0	27
FF 228	2,0	1,25	27

f) Staliwo chromowo-wanadowe. Używane jest na mechanizmy i części, które muszą być bardzo odporne na uderzenia, np. na ostojnice (ramy) lokomotyw (0,9% Cr, 0,15% V); daje się łatwo nawęglać, hartować i odpuszczać. Skład tego staliwa zawiera się w granicach %: 0,1—0,2 C, 0,5 Mn, 0,8—1 Cr, 0,15—0,2 V.

g) Staliwo chromowo-wolframowe. Służy do wyrobu walców krokowych, gdzie chodzi o wielką odporność na ścieranie, (skład %: 0,4—0,5 C, 1,2—1,5 W, 1,8—2 Cr). Na trwałe magnesy używa się staliwa o składzie %: 0,7 C, 5—6 W, 1 Cr. — Stale narzędziowe chromowo-wolframowe, czyli tzw. szybkotnące, w skład których wchodzi, obok żelaza i węgla, 18% W i do 4% Cr, nie wchodzi tu w grę. W nich wytwarzają się wskutek dodatków podwójne i wielokrotne karbony stanowiące o wielkiej twardości tych stali.

5. Staliwo miedziowe.

Dawniej uważano miedź za dodatek szkodliwy i przypisywano to obecności siarki,

z którą miedź tworzy związek chemiczny. Dokładne badania i doświadczenia zmieniły ten pogląd. Kruchość w stalach miedziowych zawierających do 0,5% *Cu* nie występuje wcale. Krupp produkuje staliwo armatnie ze znaczną domieszką miedzi. Dzisiaj zapatrują się na sprawę miedzi i siarki tak, że szkodliwość miedzi występuje dopiero przy większych zawartościach siarki, do czego się z reguły nie dopuszcza. Dodatek miedzi, środka bardzo taniego, wynoszący zazwyczaj 0,25—0,3%, uodpornia stal na rdzewienie w powietrzu i w spalinach, a także podnosi wytrzymałość zarówno w normalnej, jak i w podwyższonej temperaturze. Zauważono np., że w stali o składzie %: 0,16 *C*, 0,55 *Mn*, 0,34 *Si*, 0,02 *P*, 0,02 *S* i 1,06 *Cu* polepszył się stosunek $R_r : Q_r = 1 : 0,56$ na $1 : 0,68$. Spadek magnetyzmu zauważono dopiero przy dodatku 0,7% *Cu*. Ponieważ stale miedziowe są dobrze odlewalne i zgrzewalne, zaczęto nimi zastępować stale krzemowe, które są trudniej odlewalne i trudniej obrabialne kuźniczo.

6. *Staliwo molibdenowe*, z dodatkiem 0,34 do 0,58% *Mo*, używane jest na osłony do turbin parowych, gdyż nawet w temperaturze 500° zachowuje znaczną granicę płynności. Stale walcowane z zawartością 0,34% *Mo* używane są coraz częściej w budowie kotłów; dalej — na magnesy (1—2,5% *Mo*). Molibden poza właściwością podnoszenia wytrzymałości stali w podwyższonych temperaturach zwiększa nadto odporność na działanie karbu. — W Niemczech wyrabia się ze staliwa chromowo-niklowego z dodatkiem 2—4% *Mo* oporniki elektryczne do pieców. Amerykanie wytworzyli z dodatkiem molibdenu stop na rury armatnie odlewane metodą odśrodkową, wykazujący $R_r = 76 \text{ kg/mm}^2$, $Q_r = 55 \text{ kg/mm}^2$, (skład %: 0,35—0,45 *C*, 0,6 do 0,7 *Mn*, 0,3 *Mo* i 0,05 *V*).

7. *Staliwa wzgl. stale wanadowe i wolframowe.*

Należą one do materiałów, którymi się dotąd nie posługiwano, jakkolwiek odnośne stale przerabiane kuźniczo są w użyciu. Wanad podnosi, podobnie jak molibden, wytrzymałość na go-

rać; np. stal wanadowa o 0,19% *V* posiada w temperaturze 500° wytrzymałość $R_r = 21 \text{ kg/mm}^2$ wobec 11 kg/mm^2 zwykłej stali węglistej. Stal molibdenowa kotłowa posiada w tych warunkach $R_r = 22 \text{ kg/mm}^2$. Stale wanadowe osiągają przy 0,3—1,4% *C* i 20% *V* nadzwyczajną twardość (do 750 st. Brinella).

Próby wykonywane z tytanem, wywołującym w stali objawy podobne jak krzem, nie dały praktycznych wyników dodatnich, gdyż zauważono znaczne wydzielenia. Tytan odbiera stali chciwie węgiel i tlen. Wiemy również, że tytan tworzy z węglem karbid (*TiC*) twardszy jeszcze od wolframowego, nadaje się tedy szczególnie do stopów spiekanych, czyli ceramicznych, służących do obróbki metali.

Dla dopełnienia obrazu materiałów odlewalnych wspomnieć warto o wale lanym, pustym wewnątrz, wykonanym wedle patentu Rumplera, ze specjalnej stali Kruppa (*Sonderwellenstahl*) o $Q_r = 56 \text{ kg/mm}^2$ i $R_r = 88 \text{ kg/mm}^2$ przy $A = 8,7\%$ ($L = D$), przedstawionym na stoisku Kruppa.

Na wzmiankę zasługuje również zlewna stal Kruppa marki „izzett“ (0,15% *C*, 0,5% *Mn*), nie wykazująca objawów starzenia się. Z tej stali wykonano spawaną parowozową skrzynię paleniskową, wystawioną na targach lipskich.

Nie omówiono tu szerzej i wyczerpująco stali kutej, gdyż w wyrobach technologicznych zaznacza się dziś coraz więcej zwrot do odlewania zamiast stosowania obróbki kuźniczej. Naturalnie — o wyparciu stali mechanicznie przerabianych nie ma mowy. Jak samochód nie wyparł i nie zdetrzonizował lokomotywy szynowej, tak i tu będą istniały obok siebie ciągle doskonałe obydwie metody wytwarzania.

Kończąc, pragniemy zaznaczyć, że w nakreślonym przedstawieniu stanu rozwoju materiałów stosowanych dzisiaj w technice materiałowej pominięto wiele jeszcze szczegółów, ale dalsze rozszerzanie zagadnienia nie przyczyniłoby się już do lepszego zrozumienia całości.

Inż. B. TRAKAŁO

(RADOM)

Teoria całkowita parcia ziemi.

(Dokończenie).

14. Wartość współczynnika λ .

Teraz można określić współczynnik λ . Musi on być taką funkcją, któraby w granicznych wypadkach spełniała niektóre warunki. I tak:

Warunek 1.

Jeśli kąt tarcia ρ ziemi zmaleje do zera, wówczas wzory na parcie ziemi muszą być identyczne ze wzorami na ciśnienie wody. Dla prostokąta *AB* nachylonego do poziomu pod kątem α i o pionowej wysokości h , ryc. 10, mamy liniowe ciśnienie normalne wody,brane na kierunku pionowy:

$$n = \frac{h}{\sin \alpha}$$

a poziome:

$$p = \frac{h}{\sin \alpha} \cdot \sin \alpha = h.$$

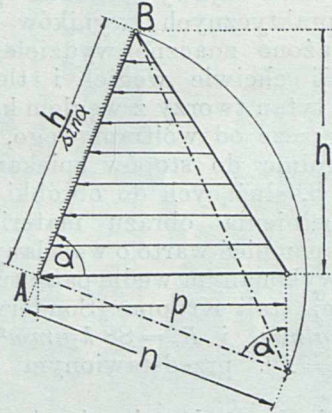
Wielkość powyższego ciśnienia poziomego musimy otrzymać ze wzoru 91), kładąc w nim $\rho = 0$:

$$p = \frac{3h}{2 \cdot 2 \cdot \sin \alpha} \left\{ \frac{1}{\sin \alpha} [\sin^2 - \frac{1}{3} \sin^2 \alpha] + \lambda \sin \alpha \right\} = \frac{3h}{4} \left[\frac{2}{3} + \lambda \right].$$

Porównując prawe strony powyższych równań, mamy:

$$h = \frac{3h}{4} \left(\frac{\pi}{3} + \lambda \right),$$

czyli: $\lambda = \frac{\pi}{3}$
jeśli $\varrho = 0$
" α jest dowolne } 98)



Ryc. 10.

Warunek 2.

Dla $\varrho = \frac{\pi}{2}$ i $\alpha = \frac{\pi}{2}$, czyli dla materiału związłego, nie ma żadnego parcia sypkiego i wówczas musi być $\lambda = 0$ oraz wzór 83) musi dać:

$$\frac{\pi}{3} + \operatorname{tg}^2 \varrho - \left(\frac{\pi}{2} - \varrho \right) \frac{\sin \varrho}{\cos^2 \varrho} + \lambda \cos^2 \varrho = 0,$$

co w rzeczywistości jest, gdyż:

$$\lim_{\varrho \rightarrow \frac{\pi}{2}} \left[\operatorname{tg}^2 \varrho - \left(\frac{\pi}{2} - \varrho \right) \frac{\sin \varrho}{\cos^2 \varrho} \right] = \infty - \frac{0}{0} =$$

$$= \lim_{\varrho \rightarrow \frac{\pi}{2}} \frac{\sin^2 \varrho \cos \varrho - \left(\frac{\pi}{2} - \varrho \right) \sin \varrho}{\cos^3 \varrho} = \frac{0}{0} =$$

$$= -1 + \frac{1}{3} = -\frac{2}{3}.$$

Wobec powyższego mamy:

jeśli $\lambda = 0$
 $\varrho = \frac{\pi}{2}$
i $\alpha = \frac{\pi}{2}$ } 99)

Już ten jeden fakt, że parcie normalne, wyrażone wzorem 83) jest równe zero, jak i powinno być, jeśli kąt tarcia $\varrho = \frac{\pi}{2}$ dowodzi słuszności dotychczasowego rozumowania w niniejszej teorii.

Warunek 3a.

Dla $\alpha = \pi - \varrho$ i każdego ϱ reakcja składowa pionowa Q_m muru w wypadku, jeśli będzie $\delta = \varrho$ musi być równa ciężarowi G ziemi nad murem oporowym, czyli musi być: $Q_m = G$. Jeśli kąt ξ nachylenia parcia ziemi do normalnej na mur oporowy jest mniejszy od kąta tarcia ϱ , ryc. 11, wówczas pionowa reakcja Q_m

muru równa się składowej pionowej Q parcia ziemi, czyli będzie:

$$Q_m = Q \text{ i tym samym} \\ Q = G.$$

Eliminując Q za pomocą G ze wzoru 96), otrzymanego na podstawie wzoru 97'), mamy:

$$G = \frac{3h^2}{2(2+3\lambda \sin^2 \varrho)} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \varrho \right) \frac{1}{\cos^2 \varrho} - \operatorname{tg} \varrho + \lambda \sin \varrho \cos \varrho \right], \text{ czyli:}$$

$$\lambda = \frac{3h^2 \left[\left(\frac{\pi}{2} - \varrho \right) \frac{1}{\cos^2 \varrho} - \operatorname{tg} \varrho \right] - 4G}{6G \sin^2 \varrho - 3h^2 \sin \varrho \cos \varrho}.$$

Kładąc w powyższym równaniu:

$$G = \frac{h^2}{2} \cot \varrho \quad 99')$$

otrzymamy: $\lambda = \infty$, wówczas na podstawie wzorów 84), 88), 93') i 97') jest:

Składowa normalna parcia:

$$N = \frac{h^2 \cos^2 \varrho}{\sin \varrho}$$

składowa styczna parcia:

$$T = -\frac{h^2 \cos \varrho \cos 2\varrho}{2 \sin^2 \varrho}$$

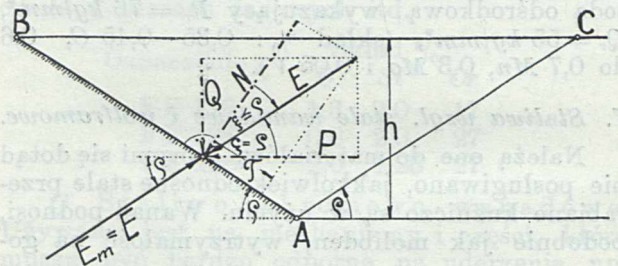
składowa pozioma parcia:

$$P = \frac{h^2}{2} \cot^2 \varrho$$

składowa pionowa parcia:

$$Q = \frac{h^2}{2} \cot \varrho$$

. 100)



Ryc. 11.

Kąt ξ nachylenia do poziomemu parcia E ziemi wynosi (z ryc. 11 i na podstawie wzorów 100):

$$\operatorname{tg} \xi = \frac{Q}{P} = \frac{h^2 \cot \varrho \cdot 2}{2h^2 \cot^2 \varrho} = \operatorname{tg} \varrho,$$

czyli: $\xi = \varrho$, wówczas:

$$\xi = \frac{\pi}{2} - 2\varrho \leq \varrho,$$

czyli:

$$\varrho \geq \frac{\pi}{6}.$$

A zatem mamy:

jeśli $\lambda = \infty$
jeśli $\alpha = \pi - \varrho$
i jeśli $\varrho \geq \frac{\pi}{6}$ } 101)

oraz: oddziaływanie $E_m = E$ muru przechylonego do poziomemu pod kątem tar-

cia ρ , obciążonego zasypką o nazio-
mie poziomym ma kierunek tak samo
jak i parcie E ziemi, równoległy do stoku
naturalnego, jeśli kąt δ tarcia muru
z ziemią równa się kątowi ρ tarcia
ziemi i jeśli kąt ρ będzie większy od
 30° lub równy 30° .

$$\lambda = \frac{3 \frac{\cos 2\rho}{\cos \rho} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \rho \right) \frac{\cos 2\rho}{\cos^3 \rho} + \sin \rho \left(\operatorname{tg}^2 \rho - \frac{1}{3} \right) \right] - 2 \cot \rho}{3 \sin \rho \cos \rho (1 - 2 \cos 2\rho)} \quad . . 104)$$

dla $\rho \leq \frac{\pi}{6}$
 $\alpha = \pi - \rho$

Najprostsza funkcja spełniająca powyższe
warunki jest:

$$\lambda = \frac{2 \cos \rho}{3} \quad \left. \begin{array}{l} \text{dla każdego } \rho, \text{ jeśli jest } \rho \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} \end{array} \right\} 102)$$

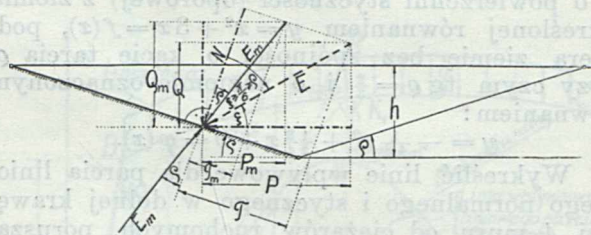
oraz:

$$\lambda = \frac{2 \cos^2 \rho}{3 \sin(\alpha + \rho)} \quad \left. \begin{array}{l} \text{dla } \rho \geq \frac{\pi}{6}, \text{ jeśli jest } \alpha \geq \frac{\pi}{2} \end{array} \right\} . 102')$$

Warunek 3b.

Jeżeli kąt δ tarcia muru z ziemią równa się
kątowi tarcia ρ ziemi i jeżeli kąt tarcia $\rho < \frac{\pi}{6}$,
czyli, jeśli kąt nachylenia parcia E ziemi do
normalnej na mur $\xi > \frac{\pi}{6}$, wówczas składowa
 Q pionowa parcia ziemi nie jest równa ciężar-
owi G ziemi nad murem oporowym, gdyż z po-
wodu kąta tarcia ziemi mniejszego od kąta na-
chylenia parcia do normalnej muru, kierunek
działania na mur, kierunek reakcji muru, jest
inny od kierunku parcia ziemi, ryc. 12.

Kierunek działania ziemi na mur zmienia
się w ten sposób, że parcie N składowe nor-
malne pozostaje bez zmiany, a zmniejsza się
(bezwzględnie) parcie składowe styczne T par-
cia ziemi na parcie składowe styczne T_m i jest
nachylony do normalnej muru pod kątem tarcia
 ρ . Wówczas z ryc. 12, jest:



Ryc. 12.

Oddziaływanie muru:

$$E_m = \frac{N}{\cos \rho}$$

składowa pionowa Q oddziaływania muru:

$$Q_m = E_m \cos 2\rho = \frac{N}{\cos \rho} \cos 2\rho. \quad . 103)$$

Ponieważ musi być: $Q_m = G$, więc na pod-
stawie wzorów 103), 84) i 82) mamy:

$$\frac{3 h^2}{2(2+3 \lambda \sin^2 \rho)} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \rho \right) \frac{\cos 2\rho}{\cos^3 \rho} + \sin \rho \left(\operatorname{tg}^2 \rho - \frac{1}{3} \right) + 2 \lambda \sin \rho \cos^2 \rho \right] \frac{\cos 2\rho}{\cos \rho} = \frac{h^2 \cot \rho}{2}$$

czyli:

$$\lambda = \frac{3 \frac{\cos 2\rho}{\cos \rho} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \rho \right) \frac{\cos 2\rho}{\cos^3 \rho} + \sin \rho \left(\operatorname{tg}^2 \rho - \frac{1}{3} \right) \right] - 2 \cot \rho}{3 \sin \rho \cos \rho (1 - 2 \cos 2\rho)} \quad . . 104)$$

dla $\rho \leq \frac{\pi}{6}$
 $\alpha = \pi - \rho$

Powyższy wzór odnosi się tylko do przy-
padku, w którym $\alpha = \pi - \rho$ i $\rho \leq \frac{\pi}{2}$, wobec
czego należałoby go poszerzyć do postaci ogólniej-
szej, ważnej w wypadku $\pi - \rho \geq \alpha \geq \frac{\pi}{2}$ i $\rho \leq \frac{\pi}{6}$.

Ten wzór musi posiadać ogólną postać taką,
aby odpowiadał warunkom, określonym w równa-
niach 98) i 99). Nie będę wyszukiwał ogólnej
postaci dla powyższego wzoru, gdyż nie jest
to koniecznym; natomiast w tabeli I. zestawiam
wartości współczynnika λ dla dowolnych kątów
 ρ i α . Również te wartości podają wykresnie
na ryc. 13. Dla pośrednich wartości ρ i α na-
leży obliczać wartość λ z tabeli zapomocą inter-
polacji według linii prostej lub odczytywać
z ryc. 13 na podstawie skali.

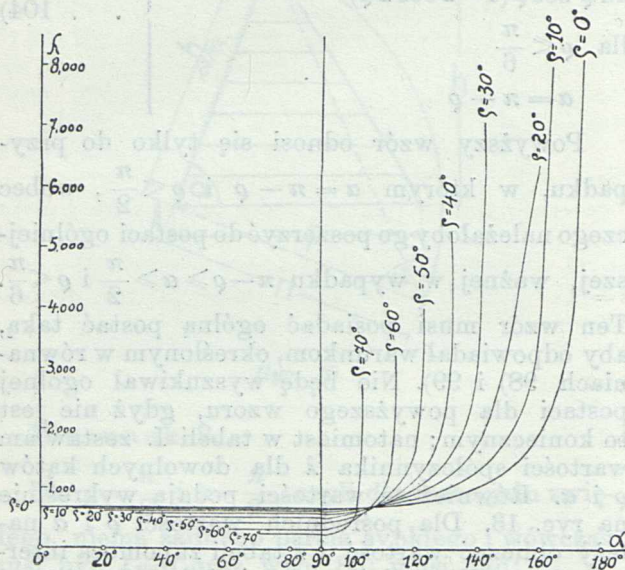
TABELA I.

Wartości współczynników λ .

$\alpha \setminus \rho$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
0°	0,667							
10°	"	0,656						
20°	"	"	0,626					
30°	"	"	"	0,576				
40°	"	"	"	"	0,511			
50°	"	"	"	"	"	0,429		
60°	"	"	"	"	"	"	0,333	
70°	"	"	"	"	"	"	"	0,228
80°	"	"	"	"	"	"	"	"
90°	0,667	0,656	0,626	0,576	0,511	0,429	0,333	0,228
100°	0,677	0,688	0,678	0,652	0,608	0,550	0,487	0,469
110°	0,710	0,746	0,756	0,779	0,782	0,805	0,959	∞
120°	0,771	0,844	0,912	1,000	1,140	1,580	∞	∞
130°	0,872	1,004	1,174	1,462	2,240	∞		
140°	1,036	1,292	1,710	2,870	∞			
150°	1,333	1,890	3,370	∞				
160°	1,950	3,720	6,390					
170°	3,830	17,10						
180°	∞							

Tabela I. i wykresy na ryc. 13 dla kątów
 α nachylenia muru oporowego w granicach
 $\frac{\pi}{2} \geq \alpha \geq \rho$ i dla kątów tarcia $\rho \leq \alpha$ są sporzą-
dzone na podstawie wzoru 102). Dla $\pi - \rho \geq \alpha \geq \frac{\pi}{2}$
i dla $\rho \geq \frac{\pi}{6}$ współczynnik λ i jego wykresy są
sporządzone na podstawie wzoru 102'). Ponie-
waż, jak widać z wykresu, linie dla $\rho \geq \frac{\pi}{6}$ rap-

townie zakrzywiają się dla każdego ϱ przy kącie α mało różniącym się — mało co mniejszym od kąta $\pi - \varrho$, dlatego i linje dla $\varrho \leq \frac{\pi}{6}$, nakreślone na podstawie wzoru 102'), mogą również dobrze przedstawiać wartości współczynnika λ , ale tylko dla kątów α od $\frac{\pi}{2}$ do wartości przed $\pi - \varrho$, przy której następuje raptowne zakrzywienie tych linii.



Ryc. 13.

Jeśli teraz punkt raptownego zakrzywienia powyższej linii połączymy nawet prostą z punktem, przedstawiającym wartość współczynnika λ dla kąta $\alpha = \pi - \varrho$, obliczoną na podstawie wzoru 104), otrzymamy wykres współczynnika λ dla kąta $\varrho \leq \frac{\pi}{6}$ i dla dowolnego α .

15. Przykład obliczania parcia ziemi o naziomie poziomym na płaski mur pionowy.

Obliczmy parcie E_m ziemi o naziomie poziomym, o kącie tarcia $\varrho = 30^\circ$ i o ciężarze gatunkowym $c = 1600 \text{ kg/m}^3$ na mur pionowy płaski o wysokości $h = 6 \text{ m}$ i długości $l = 1 \text{ m}$, przy czym kąt tarcia ziemi z murem wynosi $\delta = 20^\circ$.

ryc. 14. Dla $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ze wzoru 102) mamy:

$$\lambda = \frac{2}{3} \cos \varrho$$

i wówczas na podstawie wzorów 82) i 83) mamy parcie normalne:

$$N = \frac{3 \cdot 6^2 \cdot 1,6 \text{ t}}{8(1 + \sin^2 30^\circ \cos 30^\circ)} \left[\frac{2}{3} + \text{tg}^2 30^\circ - \left(\frac{3,142}{2} - \text{arc} 30^\circ \right) \frac{\sin 30^\circ}{\cos^3 30^\circ} + \frac{2}{3} \cdot \cos^3 30^\circ \right] = 11,1 \text{ t}$$

Ze wzorów 87) i 88) mamy parcie styczne:

$$T = \frac{3 \cdot 6^2 \cdot 1,6 \text{ t}}{8(1 + 0,5^2 \cdot 0,866)} \left[-\frac{\sin 30^\circ}{\cos^3 30^\circ} \ln \sin 30^\circ - \frac{1}{2} \text{tg} 30^\circ + \frac{2}{3} \sin 30^\circ \cos^2 30^\circ \right] = 8,8 \text{ t}$$

Parcie ziemi:

$$E = \sqrt{N^2 + T^2} = \sqrt{11,1^2 + 8,8^2} = \sqrt{200,6}$$

$$E = 14,2 \text{ t}$$

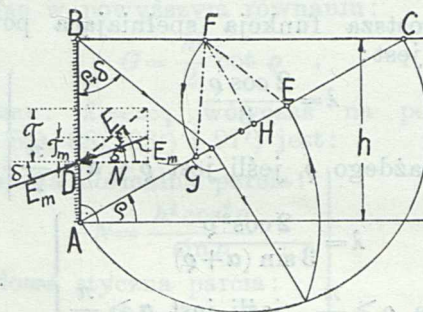
Kąt nachylenia parcia E do normalnej na mur:

$$\text{tg} \xi = \frac{T}{N} = \frac{8,8}{11,1} = 0,7925$$

$$\xi = 34^\circ 42'$$

Ponieważ $\xi > \delta = 20^\circ$, przeto oddziaływanie E_m muru jest nachylone do normalnej na mur pod kątem δ i wówczas analogicznie do wzoru 66) jest:

$$E_m = \frac{N}{\cos \delta} = \frac{11,1}{0,940} = 11,8 \text{ t}$$



Ryc. 14.

Dla powyższego wypadku konstrukcją Ponceta otrzymujemy parcie na mur:

$$E'_m = \frac{1}{2} \cdot 3,44 \cdot 3,22 \cdot 1,6 \text{ t} = 8,8 \text{ t}$$

Różnica parcia obliczonego metodą całkową i konstrukcją Ponceta wynosi:

$$11,8 - 8,8 = 3 \text{ t}$$

co stanowi $\frac{3 \cdot 100}{11,8} = 25,2\%$.

Powyższy szczegółowy rachunek potwierdza przypuszczenie, wypowiedziane na początku tej pracy, że obliczenia parcia ziemi metodą całkową muszą dawać wyniki znacznie większe od wyników obliczeń metodą klinową — dotychczasową.

16. Przykład obliczania parcia ziemi na podstawie linii wpływowej.

Dany mur oporowy AB o wysokości $h = 10 \text{ m}$ a o powierzchni stycznej (oporowej) z ziemią określonej równaniem $y = x^2 + 3x = f(x)$, podpięra ziemię bez spójności o kącie tarcia ϱ , przy czym $\text{tg} \varrho = \frac{2}{3}$ i o naziomie oznaczonym równaniem:

$$y = -\frac{1}{8}x^2 + \frac{1}{4}x + 9 = \varphi(x)$$

Wykreślić linie wpływowe dla parcia liniowego normalnego i stycznego w dolnej krawędzi A muru od ciężarów ruchomych, poruszających się po naziomie, ryc. 15.

Rzędne szukanej linii wpływowej parcia liniowego normalnego obliczymy na podstawie równania 58), dzieląc je przez R , więc:

$$\eta_n = \frac{n_r}{R} = \frac{3 \text{tg} \varrho [(y-z)^2 - (x-w)^2 \text{tg}^2 \varrho] [(x-w) \sin \alpha - (y-z) \cos \alpha]^2}{4 \sin \alpha \cdot (y-z)^3 [(x-w)^2 + (y-z)^2]}$$

Dla powyższego równania w naszym przykładzie są:

$$w = 0; z = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = f'(x) \Big|_{x=0} = (2x + 3) \Big|_{x=0} = 3$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 3$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{\sqrt{1+9}} = \frac{3}{\sqrt{10}}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{10}}$$

a zatem:

$$\eta_n = \frac{3 \cdot 2 \cdot \sqrt{10} (y^2 - x^2 \frac{4}{9})}{4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot y^3 (x^2 + y^2)} \left[x \frac{3}{\sqrt{10}} - y \frac{1}{\sqrt{10}} \right]^2$$

$$\eta_n = \frac{\sqrt{10} (y^2 - \frac{4}{9} x^2)}{60 y^3 (x^2 + y^2)} (3x - y)^2.$$

Z równania linii obciążenia (naziomu) obliczymy y dla kilku dowolnych wartości na x i następnie te wartości na x i y podstawimy kolejno w powyższe równanie linii wpływowej. A zatem dla:

$$x = 2 m; y = -\frac{1}{8}; 4 + \frac{1}{4} \cdot 2 + 9 = 10 m$$

$$x = 6 m; y = -\frac{1}{8}; 36 + \frac{1}{4} \cdot 6 + 9 = 11,5 m$$

$$x = 10 m; y = -\frac{1}{8}; 100 + \frac{1}{4} \cdot 10 + 9 = 12,3 m$$

$$x = 14 m; y = -\frac{1}{8}; 196 + \frac{1}{4} \cdot 14 + 9 = 12,5 m$$

$$x = 18 m; y = -\frac{1}{8}; 324 + \frac{1}{4} \cdot 18 + 9 = 12,0 m$$

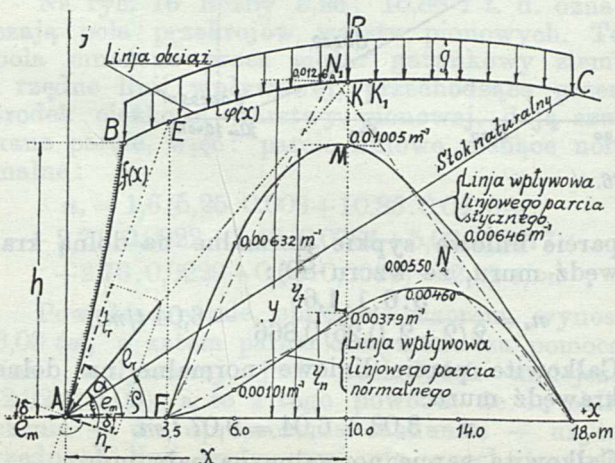
$$x = 2 m; \eta_n = \frac{\sqrt{10} (10^2 - \frac{4}{9} \cdot 2^2)}{60 \cdot 10^3 (2^2 + 10^2)} (3 \cdot 2 - 10)^2 = 0,00080 m^{-1}$$

$$x = 6 m; \eta_n = \frac{\sqrt{10} (11,5^2 - \frac{4}{9} \cdot 6^2)}{60 \cdot 11,5^3 (6^2 + 11,5^2)} (3 \cdot 6 - 11,5)^2 = 0,00102 m^{-1}$$

$$x = 10 m; \eta_n = \frac{\sqrt{10} (12,3^2 - \frac{4}{9} \cdot 10^2)}{60 \cdot 12,3^3 (10^2 + 12,3^2)} (3 \cdot 10 - 12,3)^2 = 0,00379 m^{-1}$$

$$x = 14 m; \eta_n = \frac{\sqrt{10} (12,5^2 - \frac{4}{9} \cdot 14^2)}{60 \cdot 12,5^3 (14^2 + 12,5^2)} (3 \cdot 14 - 12,5)^2 = 0,00460 m^{-1}$$

$$x = 18 m; \eta_n = \frac{\sqrt{10} (12^2 - \frac{4}{9} \cdot 18^2)}{60 \cdot 12^3 (18^2 + 12^2)} (3 \cdot 18 - 12)^2 = 0,0000 m^{-1}.$$



Ryc. 15.

Z równania linii wpływowej liniowego parcia normalnego widzimy, że rzędna tej linii będzie jeszcze także równa zero, jeśli będzie: $3x - y = 0$, co podstawione w równanie naziomu daje $x = 3,5 m$, a więc dla:

$$x = 3,5 m \text{ jest } \eta_n = 0,0000.$$

Rzędne równania linii wpływowej parcia liniowego stycznego otrzymamy na podstawie równania 59), które w naszym wypadku przekształci się na równanie:

$$\eta_t = \frac{3 \cdot 2 \cdot \sqrt{10} (y^2 - x^2 \frac{4}{9})}{4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot y^3 (x^2 + y^2)} \left(x \frac{3}{\sqrt{10}} - y \frac{1}{\sqrt{10}} \right) \left(x \frac{1}{\sqrt{10}} + y \frac{3}{\sqrt{10}} \right)$$

$$\eta_t = \frac{\sqrt{10} (y^2 - \frac{4}{9} x^2)}{60 y^3 (x^2 + y^2)} (3x - y)(x + 3y).$$

Z powyższego równania mamy dla:

$$x = 2 m; \eta_t = \frac{\sqrt{10} (10^2 - \frac{4}{9} \cdot 2^2)}{60 \cdot 10^3 (2^2 + 10^2)} (3 \cdot 2 - 10)(2 + 3 \cdot 10) = -0,00637 m^{-1}$$

$$x = 3,5 m; \eta_t = 0,00000$$

$$x = 6 m; \eta_t = \frac{\sqrt{10} (11,5^2 - \frac{4}{9} \cdot 6^2)}{60 \cdot 11,5^3 (6^2 + 11,5^2)} (3 \cdot 6 - 11,5)(6 + 3 \cdot 11,5) = 0,00632 m^{-1}$$

$$x = 10 m; \eta_t = \frac{\sqrt{10} (12,3^2 - \frac{4}{9} \cdot 10^2)}{60 \cdot 12,3^3 (10^2 + 12,3^2)} (3 \cdot 10 - 12,3)(10 + 3 \cdot 12,3) = 0,01005 m^{-1}$$

$$x = 14 m; \eta_t = \frac{\sqrt{10} (12,5^2 - \frac{4}{9} \cdot 14^2)}{60 \cdot 12,5^3 (14^2 + 12,5^2)} (3 \cdot 14 - 12,5)(14 + 3 \cdot 12,5) = 0,00646 m^{-1}$$

$$x = 18 m; \eta_t = \frac{\sqrt{10} (12^2 - \frac{4}{9} \cdot 18^2)}{60 \cdot 12^3 (18^2 + 12^2)} (3 \cdot 18 - 12)(18 + 3 \cdot 12) = 0,0000 m^{-1}.$$

Na podstawie obliczonych rzędnych nakreślono na ryc. 15 linie wpływowe: liniowego parcia normalnego i liniowego parcia stycznego w przekroju A dla obciążenia naziomu ciężarem ruchomym. Z tych linii widzimy, że jeśli ciężar ruchomy znajduje się w płaszczyźnie stycznej (punkt E) do powierzchni oporowej w punkcie A , wówczas parcie od tego ciężaru jest równe zero. Również jeśli ciężar znajduje się na odcinku EB t. j. po tej samej stronie wspomnianej płaszczyzny stycznej, po której znajduje się i mur oporowy, wówczas nie wywołuje on żadnego ciśnienia, gdyż prosty kierunek od odcinka EB do punktu A jest przerwany murem oporowym.

Z nakreślonych linii wpływowych na ryc. 15 widzimy, że n. p. słup oddalony poziomo o $x = 10 m$ od punktu A , a obciążony siłą n. p. $P = 50 t$, wywiera w punkcie A ciśnienie liniowe normalnie:

$$n_r = 0,00379 m^{-1} \cdot 50 t = 0,179 t/m$$

styczne:

$$t_r = 0,01005 m^{-1} \cdot 50 t = 0,500 t/m.$$

Wypadkowa ciśnienia ruchomego, ze wzoru 63):

$$e_r = \sqrt{n_r^2 + t_r^2} = \sqrt{0,189^2 + 0,500^2} = 0,535 t/m.$$

Ze wzoru 64) otrzymujemy nachylenie ciśnienia wypadkowego do normalnej powierzchni oporowej, mianowicie:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \xi &= \frac{t_r}{n_r} = \frac{0,500}{0,189} = 2,642 \\ \xi &= 69^\circ 15'. \end{aligned}$$

Jeśli kąt tarcia muru oporowego z ziemią przyjmiemy $\delta = \frac{2}{3} \varphi = 22^\circ$, wówczas parcie e_m na mur i reakcja e_m muru wyniesie, według wzoru 66):

$$e_m = \frac{n_r}{\cos \delta} = \frac{0,189}{\cos 22^\circ} = \frac{0,189}{0,9272} = 0,204 \text{ t/m.}$$

Z ryciny 15 widzimy, że kierunek parcia wypadkowego e_r przechodzi przez punkt K naziomu, w którym działa ciężar R , jak i powinno być.

Tutaj jest ważne także znane twierdzenie z teorii mostów, dotyczące linii wpływowej, a mianowicie: Parcie cisnące C od siły skupionej R na punkt, dla którego jest nakerślona linia wpływowa parcia, mająca pod ciężarem rzędne η , równa się iloczynowi siły i rzędnej pod ciężarem linii wpływowej, więc:

$$C = R \cdot \eta \dots \dots \dots 105)$$

Jeśli linia obciążenia jest obciążona ciężarem jednostajnym g , wówczas tak samo jak w teorii mostów, pole F linii wpływowej pod ciężarem jednostajnym, mnożone przez ciężar jednostkowy, da parcie cisnące C w punkcie, dla którego była nakerślona linia wpływowa, czyli:

$$C = F g \dots \dots \dots 106)$$

Podobnie pole F_t linii wpływowej parcia liniowego stycznego jest:

$$F_t = \frac{14,5}{2} m \cdot 0,0926 m^{-1} = 0,0913.$$

Parcie liniowe od całego obciążenia jednostajnego normalne:

$$n_g = F_n \cdot g = 0,0363 \cdot 10 \text{ t/m} = 0,363 \text{ t/m}$$

styczne:

$$t_g = F_t \cdot g = 0,0913 \cdot 10 \text{ t/m} = 0,913 \text{ t/m}$$

wypadkowe:

$$e_g = \sqrt{n_g^2 + t_g^2} = \sqrt{0,363^2 + 0,913^2} = 0,982 \text{ t/m.}$$

Nachylenie ciśnienia wypadkowego do normalnej powierzchni oporowej w punkcie A :

$$\operatorname{tg} \xi = \frac{t_g}{n_g} = \frac{0,913}{0,363} = 2,515.$$

Reakcja muru od powyższego ciśnienia wynosi:

$$e_m = \frac{n_g}{\cos \delta} = \frac{0,363}{0,9272} = 0,392 \text{ t/m.}$$

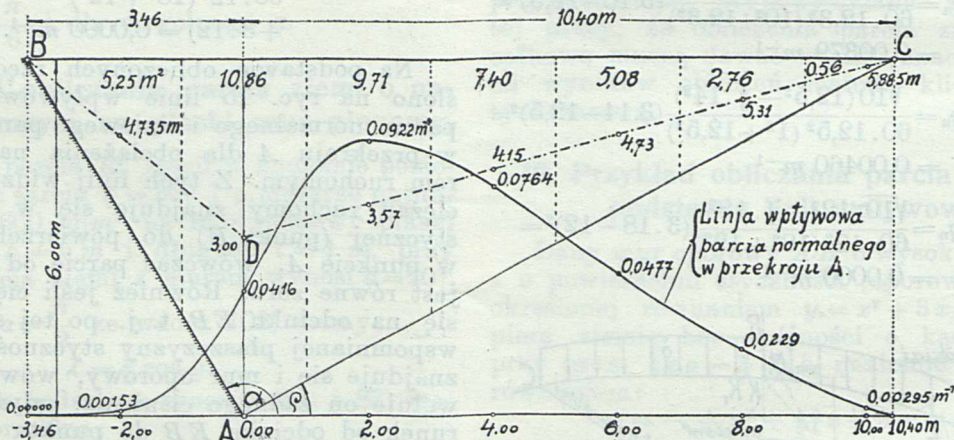
Na ryc. 15 nie nakerślono ciśnień od obciążenia jednostajnego; gdybyśmy je nakerślili, zobaczylibyśmy, że ciśnienie wypadkowe e_g przechodzi przez środek K_1 obciążenia ciągłego na naziomie jak i powinno być.

Weźmijmy jeszcze jeden przykład, ryc. 16. Niech będzie:

$$\varphi = 30^\circ, \alpha = 120^\circ, h = 6 \text{ m}, c = 1,6 \text{ t/m}^2.$$

Wówczas mamy: z tabeli I. $\lambda = 1,000$ parcie liniowe cisnące normalne na dolną krawędź muru, ze wzoru 79):

$$\begin{aligned} n_c &= \frac{3 \cdot 6 \cdot 0,577 \cdot 1,6}{2(2+3 \cdot 0,25)0,866 \cdot 0,866^2} \left\{ -1,57 \cdot 0,500 + \right. \\ &\quad \left. + 0,866 \cdot 2,3 \ln \frac{0,866}{0,500} + \frac{1}{0,866 \cdot 0,500} (0,866^2 - \frac{1}{3}) \right\} \\ n_c &= 3,03 \text{ t/m} \end{aligned}$$



Ryc. 16.

W powyższym przykładzie niech naziom będzie obciążony na całej swojej długości ciężarem jednostajnym $g = 10 \text{ t/m}$.

Pole $F_n = ELDE$ linii wpływowej liniowego parcia normalnego jest w przybliżeniu, gdy zamienimy je dla uproszczenia rachunku na równy mu trójkąt FND :

$$F_n = (18 - 3,5) m \frac{0,0055 m^1}{2} = 0,0363.$$

parcie liniowe sypkie normalne na dolną krawędź muru, ze wzoru 80):

$$n_s = \frac{3 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 1,6}{2(2+2 \cdot 0,25)0,866} = 6,04 \text{ t/m.}$$

Całkowite parcie liniowe normalne na dolną krawędź muru:

$$n = 3,03 + 6,04 = 9,07 \text{ t/m.}$$

Całkowite parcie normalne na cały mur:

$$N = 9,07 \cdot \frac{6}{3} = 27,2 \text{ t.}$$

Powyższe parcie normalne na mur oporowy znajdziemy jeszcze za pomocą linii wpływowej. W tym celu podzielmy całą masę ziemi ABC na warstwy pionowe (na ryc. 16 oddzielone od siebie prostymi kreskowanymi). Środki ciężkości powyższych warstw połączone ze sobą dają linię BDC ciężkości ziemi, będącą linią obciążenia. Dla tej linii obciążenia i dla krawędzi A u podstawy muru oporowego kreślimy linię wpływową parcia normalnego. W tym celu dla niektórych punktów linii obciążenia znajdujemy spórzędne, jak: $(-2,00; 4,735)$, $(0; 3,00)$, $(2,00; 3,57)$ i t. d.). Następnie ze wzoru 58) otrzymujemy rzędne η szukanej linii wpływowej, mianowicie:

$$\eta = \frac{n_r}{R} = \frac{3.0,577(y^2 - 0,333x^2)(0,866x + 0,5y)^2}{4.0,866y^3(x^2 + y^2)}$$

Dla:

$$x = -3,46 \text{ m jest } \eta = 0$$

$$x = -2,00 \text{ " " } \eta = 0,499 \frac{(4,735^2 - 0,333 \cdot 4)}{4,735^3(4,00 + 4,735^2)} \times (-0,866 \cdot 2 + 0,5 \cdot 4,735)^2 = 0,00153 \text{ m}^{-1}$$

$$x = 0,00 \text{ m jest } \eta = 0,499 \frac{1,5^2}{3^3} = 0,04160 \text{ m}^{-1}$$

$$x = 2,00 \text{ " " } \eta = 0,499 \frac{3,57^2 - 0,333 \cdot 4}{3,57^3(4 + 3,57^2)} \times (0,866 \cdot 2 + 0,5 \cdot 3,57)^2 = 0,09220 \text{ m}^{-1}$$

Dla $x = 4,00 \text{ m}$ jest:

$$\eta = 0,499 \frac{4,15^2 - 0,333 \cdot 16}{4,15^3(16 + 4,15^2)} (0,866 \cdot 4 + 0,5 \cdot 4,15)^2 = 0,07640 \text{ m}^{-1}$$

Dla $x = 6,00 \text{ m}$ jest:

$$\eta = 0,499 \frac{4,73^2 - 0,333 \cdot 36}{4,73^3(36 + 4,73^2)} (0,866 \cdot 6 + 0,5 \cdot 4,73)^2 = 0,04770 \text{ m}^{-1}$$

Dla $x = 8,00 \text{ m}$ jest:

$$\eta = 0,499 \frac{5,31^2 - 0,333 \cdot 64}{5,31^3(64 + 5,31^2)} (0,866 \cdot 8 + 0,5 \cdot 5,31)^2 = 0,02290 \text{ m}^{-1}$$

Dla $x = 10 \text{ m}$ jest:

$$\eta = 0,499 \frac{5,885^2 - 0,333 \cdot 100}{5,885^3(100 + 5,885^2)} (0,866 \cdot 10 + 0,5 \cdot 5,885)^2 = 0,00295 \text{ m}^{-1}$$

Na ryc. 16 liczby 5,25; 10,86 i t. d. oznaczają pola przekrojów warstw pionowych. Te pola mnożone przez ciężar gatunkowy ziemi i rzędne linii wpływowej, przechodzące przez środek ciężkości warstwy pionowej, dają szukane parcie, więc: parcie liniowe cisnące normalne:

$$n_c = 1,6(5,25 \cdot 0,003 + 10,86 \cdot 0,0416 + 9,71 \cdot 0,0922 + 7,40 \cdot 0,0764 + 5,08 \cdot 0,0477 + 2,76 \cdot 0,0229 + 0,56 \cdot 0,0060) = 2,92 \text{ t/m}$$

Powyższe parcie, obliczone wzorem, wynosi 3,03 tm, a zatem parcie otrzymane za pomocą linii wpływowej jest cośkolwiek mniejsze ($2,92 < 3,03$), a to z tego powodu, że do obliczenia — dla uproszczenia rachunku — użyto rzędnych linii wpływowej nie przechodzących ściśle przez środki ciężkości warstw pionowych,

lecz przechodzących przez środek ich szerokości oraz i z tego powodu, że szerokość warstw pionowych ma wielkość skończoną a nieskończenie małą. Drobną różnicą wyników obliczenia powyższymi oboma sposobami dla praktycznych celów jest bez znaczenia.

Na razie nie podaję dowodu w ogólnej postaci, lecz na podstawie kilku szczegółowych przykładów stwierdzam, że: Parcie liniowe cisnące na pewien przekrój równa się polu, którego rzędne są iloczynem ciężaru liniowego ziemi i rzędnej linii wpływowej tego przekroju, której linią obciążenia jest linia ciężkości ziemi.

17. Przykład obliczania parcia sypkiego ziemi w ogólnym wypadku.

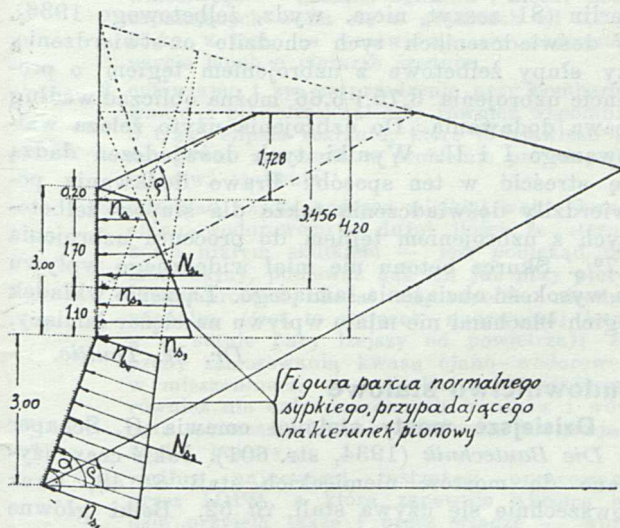
Obliczanie parcia sypkiego jest w każdym wypadku bardzo proste. Na ryc. 17 na podstawie wzoru 47), przedstawiono figurę parcia normalnego sypkiego, branego pionowo, na mur oporowy łamany, przy czym:

$$\varphi = 30^\circ; \alpha_1 = \frac{\pi}{2}$$

$$\text{tg } \alpha_2 = 3; \sin \alpha_2 = \frac{3}{\sqrt{10}}$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{1}{\sqrt{10}}; \alpha_2 = 72^\circ 39'$$

$$\lambda = \frac{2}{3} \cos \varphi = \frac{2}{3} \cdot 0,866 = 0,577.$$



Ryc. 17.

Dla $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$ jest:

$$n_s = \frac{3.0,476 \cdot 0,866^2 \cdot 1,6}{2(2 + 3 \cdot 0,577 \cdot 0,25)} (c - w) \text{tg } \varphi = 0,2664(c - w) \text{tg } \varphi \cdot 1,6$$

$$n_{s_1} = 0,2664 \cdot 1,728 \cdot 1,6 = 0,737 \text{ t/m}$$

$$n_{s_2} = 0,2664 \cdot 3,456 \cdot 1,6 = 1,472 \text{ "}$$

$$n_{s_3} = 0,2664 \cdot 4,200 \cdot 1,6 = 1,790 \text{ "}$$

Dla $\alpha_2 = 72^\circ 39'$ jest:

$$n_s = \frac{3.0,577 \sin^2 42^\circ 39' \cdot 1,6}{2(2+3.0,577 \cdot 0,25) \sin 72^\circ 39'} (c-w) \operatorname{tg} \rho =$$

$$= 0,2756 (c-w) \operatorname{tg} \rho$$

$$n_{s_1} = 0,1756 \cdot 4,20 = 1,157 \operatorname{tg} \rho$$

$$n_{s_2} = 0,2756 \cdot 6,33 = 1,744 \operatorname{tg} \rho$$

$$N_{s_1} = \left[\frac{n_{s_1}}{2} \cdot 0,20 + \frac{n_{s_1} + n_{s_2}}{2} \cdot 1,70 + \frac{n_{s_2}}{2} \cdot 1,10 \right] =$$

$$= [0,737 \cdot 0,10 + (0,737 + 1,472) 0,85 +$$

$$+ (1,472 + 1,790) 0,55]$$

$$N_{s_1} = 3,75 \operatorname{tg} \rho$$

$$N_{s_2} = \frac{3,50}{2} (n_{s_1} + n_{s_2}) = 1,5 (1,157 + 1,744) = 4,35 \operatorname{tg} \rho$$

18. Zakończenie.

Na tym przerywam tę pracę w ogólnych zarysach z tą myślą, że przystąpić będę mógł niebawem do jej uzupełnienia i opracowania bardziej szczegółowego, gdyż nie jest ona jeszcze zupełnie wykończona.

Możnaby jeszcze dużo mówić o sposobach rozkładu ciśnień elementów ziemi, o spódczynniku 2. Należałoby zastanowić się nad ewentualnym uproszczeniem niektórych wzorów, nad

możliwością sporządzenia na podstawie wyprowadzonych wzorów graficznej konstrukcji obliczenia parcia. Pożądanym byłoby wyprowadzić wzory na parcie ziemi przy pomocy warstw elementarnych ziemi, równoległych do stoku naturalnego, przez co w wielu wypadkach obliczenie parcia byłoby łatwiejsze. Pozostało podać wszystkie typowe przykłady obliczania parcia od obciążenia stałego i ruchomego na podstawie wzorów i linii wpływowych.

Poza tym teorię powyższą w niektórych jej częściach oprzeć należy bądź to na odmiennych nieco założeniach, bądź też wyjść od innej metody, przez co można będzie uzyskać w niektórych wypadkach prostsze wzory. Wobec tego niniejsza praca stanowi niejako pierwszą alternatywę.

Także znakowanie możnaby dobrać jeszcze więcej odpowiednie.

W końcu nadmieniam, że w związku z powyższą teorią byłoby pożądanym przeprowadzić pewne doświadczenia.

Spodziewam się, że praca ta będzie w przyszłości przewodnikiem na niepewnych drogach obliczania parcia ziemi.

Przegląd czasopism technicznych

Żelazobeton

Doświadczenia ze słupami żelbetowymi z uzbrojeniem tęgim podali prof. Gehler i inż. Amos. Berlin (81 zeszyt niem. wydz. żelbetowego 1936). W doświadczeniach tych chodziło o stwierdzenie, czy słupy żelbetowe z uzbrojeniem tęgim o procencie uzbrojenia 3,75 i 6,66 można obliczać według prawa dodawania. Do uzbrojenia użyto żelaza walcowanego I i U. Wyniki tych doświadczeń dadzą się streścić w ten sposób: Prawo dodawania potwierdziły doświadczenia także dla słupów żelbetowych z uzbrojeniem tęgim do procentu uzbrojenia 6,7%. Skurcz betonu nie miał widocznego wpływu na wysokość obciążenia łamiącego. Łączenie wkładek tęgich blachami nie miało wpływu na ciężar łamiący.

Dr. M. Thullie.

Budownictwo stalowe

Dzisiejsze mosty stalowe omawia G. Schaper w *Die Bautechnik* (1934, str. 601). Jakiś czas używano do mostów niemieckich stali St 48, teraz powszechnie się używa stali St 52. Belki główne są przeważnie równoległe o przekroju pełnym nawet dla bardzo znacznych rozpiętości. Tak np. most na Mangfall pod Darching ma rozpiętości 90—108—90 m. Belki główne są trzyprzęsłowe ciągłe, ścianka belek jest 5,50 m wysoka. Most na Łabie pod Dreznem ma belki kratowe równoległe o rozpiętości 51—73—130—73—51 m. Belki są ciągłe 5,6 m wysokie.

Dr. M. Thullie.

Zarząd przedsiębiorstw

Rozdawnictwo robót przy rozpisanych ofertach omawia D. Brugsch w *Die Bautechnik* (1935, str. 13). W Niemczech jest przepis, że roboty należy rozdać firmom zawodowym po cenach stosownych, a więc nie najniższemu oferentowi. Tymczasem

oferty różnią się często o 100% i więcej nawet wtedy, gdy zaproszono do oferowania tylko solidne firmy. Co jest powodem tego? Najprzód trudności danego terenu oceniają rozmaici oferenci rozmaicie, a także inne koszty jak dostarczenie maszyn budowlanych, ich zużycie i amortyzacja, dodatek na ogólną administrację, ryzyko i zysk oceniają oferenci różnie. Ribau wydał książkę, pouczającą o obliczeniu kosztów własnych w rozmaitych okolicznościach, aby nie pominąć żadnego rodzaju kosztu. Autor proponuje, aby wydano schemat obliczenia własnych kosztów, któryby był obowiązkowy przy składaniu ofert i spódczewia się, że w ten sposób oferty uczciwych przedsiębiorców nie wykazywałyby tak wielkich różnic i ułatwiłoby wyłączenie ofert, ułożonych oczywiście za nisko, aby tylko otrzymać robotę.

Dr. M. Thullie.

Mosty

Mosty drogowe szwajcarskie omawia Ackermann w *Schw. Bauzeit.* (1935II, str. 253). Mosty stalowe buduje się zwykle tam, gdzie wykonanie rusztowań wywołuje trudności. W takim razie można też budować most żelbetowy układu Melana. Wtedy szkielet żelazny da się wykonać na brzegu i potem wsunąć na miejsce. Służy on wtedy zamiast rusztowania przy obetonowaniu. W tym celu nadają się belki kratowe, w razie użycia belek blaszanych doczepia się do ścianek małe wkładki, aby połączenia żelaza z betonem było lepsze.

Most kolejowy nad drogą pod Szczecinem opisuje Wolf w *Die Bautechnik* (1935, str. 249). Jest to most bardzo ukośny ($\alpha = 27^\circ 40'$) o rozpiętości 32,4 m. Belki główne są blaszane o wysokości 3 m. Cały most jest spawany, ścianka składa się z dwu części spawanych w linii poziomej. Steżenie poprzeczne jest ramowe.

Dr. M. Thullie.

Recenzje i krytyki

A. Przybylski: „Ulice i mosty Warszawy“. Warszawa 1936. Interesująca monografia bruków i mostów warszawskich, oparta na szeregu prac źródłowych. Mimochodem zaczepia również autor tu i ówdzie o stosunki analogiczne w innych miastach polskich.

Istotny początek planowej gospodarki brukowej w Warszawie widzi autor w wydanej w r. 1635 przez Jana III konstytucji o „Naprawie dróg y kanałów miasta Warszawy y cirkumferencyi“. Na podstawie odnośnej uchwały sejmowej z tego roku ustanawia Marszałek W. K. Stanisław Lubomirski komisję brukową, o znacznych prerogatywach, która rozpoczyna swą pracę od pomiaru ulic. Olbrzymie zasługi na polu uporządkowania zabagnionych stosunków drogowych w Warszawie przypadają jednak Marszałkowi W. K. Franciszkowi Bielińskiemu, który stanął w r. 1742 na czele komisji brukowej, utworzonej przez Augusta III i w sposób na owe czasy wprost wzorowy, aż do swej śmierci w r. 1766, prowadził odnośne agendy. Jego staraniem zawdzięcza Warszawa zasłki na bruki ze strony Skarbu Koronnego oraz jakieś takie doprowadzenie jej do stanu, godnego stolicy państwa. Już mniej intensywnie pracuje Komisja pod następcami Bielińskiego, Stanisławem Lubomirskim a później Michałem Mniszchem, kończąc ostatecznie swój żywot w r. 1794 z przejęciem rządów w mieście przez Bukshevedena.

Bardzo obszernie przedstawioną jest sprawa szeregu mostów na Wiśle w Warszawie, których żywot był prawie z reguły efemeryczny tak, iż stolica nie doczekała się za czasów przedrozbiorowych stałego mostu. Jeśli chodzi w ogóle o mosty na Wiśle, to jeden z pierwszych wybudował Władysław Jagiełło na przelomie lat 1409—10 pod Czerwińskiem, gotując się do rozprawy z Krzyżakami. Istniały również chwilowo w XV w. mosty pod Sochaczewem, Pułtuskim i Płockiem. Dowodzi to, że nie była obcą u nas sztuka budowy mostów. Historycznie zupełnie pewny jest zapoczątkowany w r. 1568 przez Zygmunta Augusta, a wykończony przez Annę Jagiellonkę most w Warszawie, budowany pod opieką X. kanonika Szedlocha, długości 1150 kroków. Musiała to być budowa bardzo poważna, jeśli koszt jej wynosił olbrzymią na owe czasy kwotę 83.200 czerw. zł. (1 cz. zł. = 52 gr.). A przecież podówczas para męskich butów kosztowała 30 gr. Most ten nie utrzymał się zbyt długo, gdyż zaledwie do r. 1603, w którym został uszkodzony przez lody.

Następuje później era mostów „elekcyjnych“ budowanych w okresie i na czas elekcji królów niezmiernie słabo i niszczonych wodą bardzo szybko. Nie pomaga tu nawet wiele utworzenie w r. 1764 milicji mostowej, która miała roztoczyć nad mostem warszawskim stałą opiekę. Ostatnim z mostów, wykonanych w okresie przedrozbiorowym był wybudowany przez Adama Ponińskiego w r. 1774 most Iżwowy, traktowany jako przedsiębiorstwo dochodowe na rzecz swego koncesjonariusza. Przetwał on do r. 1795, t. j. do chwili szturm Suworowa na Pragę.

Szereg mostów budowanych w okresie Księstwa Warszawskiego oraz później w okresie Królestwa Kongresowego, bardzo krótkotrwałych, zamyka powyższą monografię.

Autor zaznajamia czytelnika również z nowszymi pomysłami mostów warszawskich Panzera i Metzla oraz z pomysłem Idzikowskiego, budowy tunelu drogowego pod Wisłą.

Trudno narzucać autorowi swój pogląd na układ treści. Sądzę jednakże, iż całość zyskała by wiele na mniej chaotycznym pomieszeniu sprawy bruków i mostu, które przewija się ustawicznie, utrudniając w wysokim stopniu orientację.

Myli się autor, nazywając na str. 205 szefa inżynierów komunikacji lądowych i wodnych Ludwika Metzla „wykonawcą pierwszych dróg bitych w Polsce“. Jak już miałem możność wykazać w pracy p. t.: „Pierwszy inżynier drogowy na ziemi polskiej“ („Czas. Techn.“ Nr. 7 i 8 1936) zaszczyt ten przypada Ianowi Grossowi, który pracę swoją w b. Galicji rozpoczął już w r. 1773. Chyba że przez Polskę będziemy rozumieli tylko b. zabór rosyjski.

Wielka szkoda, iż autor nie przedstawił również sprawy budowy stałych mostów na Wiśle w Warszawie (Kierbedzia i Poniatowskiego), gdyż zaskarbiły sobie prawdziwą wdzięczność czytelników. Zyskałaby na tym

bowiem całość przedstawienia sprawy, bez potrzeby uciekania się do innych wydawnictw.

Cenna i pracowita monografia warta jest uważnego przeczytania. Niechaj szybkie rozejście się pierwszego nakładu będzie autorowi nagrodą za prawdziwie benedyktyńską pracę.

Prof. E. Bratro.

Kronika techniczna

† **Herman Zimmerman**, wybitny inżynier niemiecki, zmarł 3 kwietnia 1935 r. w 90-yim roku życia. Był on referentem budowy mostów w pruskiem ministerstwie kolei. Jego dzieło o obliczaniu nawierzchni kolejowej zdobyło mu sławę światową.

Normy rur kanalizacyjnych. Polski Komitet Normalizacyjny przy Ministerstwie Przemysłu i Handlu podaje do wiadomości wszystkich zainteresowanych, iż ukazała się między innymi z druku, uchwalona przez plenarne posiedzenie Komitetu w dniu 3 grudnia 1935 broszura p. t. „Polskie Normy. Rury kanalizacyjne żeliwne“. (Cena 3 zł.). Broszura powyższa jest do nabycia w Biurze Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (Warszawa, Elektralna 2).

Listy nadesłane do Redakcji

Redakcja „Czasopisma Technicznego“ otrzymała następujący list z prośbą o umieszczenie:

Poznań, dnia 20 listopada 1936.

Szanowny Panie Redaktorze!

Pozwalam sobie zgłosić kilka uwag do interesującego artykułu p. prof. Bratro, umieszczonego w Nrze 21 „Czasopisma Technicznego“:

1. według przyjętej terminologii należy używać określenia „bomba zapalająca“, zamiast niewłaściwego — „bomba ogniowa“; ciężar bomb zapalających waha się w granicach od 0,2 do 25 kg, z tem, że przewiduje się najczęstsze użycie bomb o ciężarze średnim;
2. omawiając t. zw. wyprzedzenie przy bombardowaniu z powietrza należało również wspomnieć o t. zw. elipsie rozrzutu, które to zjawisko też ma pewne znaczenie w problemie prawdopodobieństwa trafienia;
3. przykład użycia podczas wielkiej wojny kwasu ciano-wodorowego w dużej ilości ze stosunkowo nikłym skutkiem — jest poniekąd nie-miarodajny, ponieważ gaz ten już przy pierwszych próbach okazał się zupełnie nieodpowiednim (jest to związek nadzwyczaj lotny, a w stanie pary lżejszy od powietrza); zaś próby zastosowania kwasu ciano-wodorowego w mieszaninach ze związkami obciążającymi również nie dały pożądaných wyników i wówczas ostatecznie zdyskwalifikowano ten gaz jako środek bojowy;
4. według najnowszej instrukcji opracowanej przez LOPP., a która zapewne wkrótce będzie przyjęta także i przez władze — wprowadza się określenia: „środki obrony czynne“ i „środki obrony bierne“, zamiast „obrona czynna“ i „obrona bierna“;
5. autor pisze, że działa zenitowe, czyli przeciwlotnicze stanowią główny element środków czynnych; otóż uważam, że nie mniej ważnym elementem są karabiny maszynowe;
6. autor niesłusznie chce obciążyć zakłady czyszczenia miast obowiązkiem usuwania gruzu i ruin; w wielkim mieście, posiadającym całkowicie rozbudowaną organizację OPL., obowiązek usuwania gruzów, zabezpieczenia zarysowanych budowli, doraźnego doprowadzenia jezdni do stanu używalności itp. — należą do zakresu działania pogotowia drogowo-budowlanego, podlegającego hierarchicznie szefowi pogotowia technicznych; jedynie w mniejszych miastach może mieć miejsce kumulacja różno-

rodnych czynności w jednej komórce organizacyjnej;

7. przy omawianiu gaszenia bomb zapalających należałoby wspomnieć o gaśnicach pianowych;
8. omawiając kwestię komunikacji, autor nie wspomina o środkach komunikacji; mianowicie, należy wciąż powtarzać, że z punktu widzenia OPL. jedynie racjonalnym środkiem komunikacji w osiedlach są autobusy; natomiast widzimy w wielu miastach, że niestety dalej rozbudowuje się sieci tramwajowe, zamiast pozostawić je „na wymarcu“.

Kończąc moje uwagi, zaznaczę mimochodem, że w trakcie mojej działalności służbowej i pozasłużbowej przekonuję się stale, że problemy obrony przeciwlotniczej nie są jeszcze dostatecznie doceniane przez niektóre władze, jak i przez ogół ludności.

Proszę przyjąć Panie Redaktorze, wyrazy szacunku.
Inż. Cz. Bielenia.

P. Profesor Bratro, zaznajomiwszy się z treścią powyższego pisma P. Inż. Bieleni, nadesłał następującą odpowiedź:

Wielce Szanowny Panie Redaktorze!

Odnosnie do powyższych uwag P. Inż. Bieleni pozwalałabym sobie w pierwszym rzędzie zauważyć, iż artykuł mój p. t. „Wpływ obrony przeciwlotniczej na rozbudowę miast“, ma za punkt wyjścia, jak już sam tytuł wskazuje, sprawę rozbudowy miast, rozpatrywaną pod pewnym specyficznym kątem widzenia, pozostawiając szczegółowe zajęcie się momentami, złączonymi z techniką ataku lotniczego pióru bardziej fachowemu, niżli moje.

Przechodząc do szczegółowego rozpatrywania pojedynczych punktów uwag, zaznaczam:

ad 1. W piśmiennictwie polskim używane są trzy wyrażenia na termin oznaczony przez Niemców, jako „Brandbombe“, mianowicie bomba zapalająca, ogniowa lub pożarowa. Nie uważam, by którekolwiek z tych oznaczeń było niewłaściwe, albowiem wszystkie określają jasno znaczenie i cel tej bomby. Że w użyciu terminu „bomby ogniowej“ nie jestem odosobniony, powołuję się na artykuł cenionego urbanisty P. E. Norwertha, umieszczony w „Gazecie Polskiej“ z 30 grudnia 1934 p. t.: „Urbanistyka polska“, w którym użyto tego samego określenia. Nie mniej zgadzam się również na określenie „bomby zapalającej“.

ad 2. Sprawa elipsy rozrzutu jest ważną dla urbanisty w wypadku projektowania nowego miasta. Zaznaczyłem jednakże, że u nas istnieje małe prawdopodobieństwo tworzenia zupełnie nowych osiedli. Musimy się liczyć ze stosunkami już istniejącymi, dla których zasięg elipsy rozrzutu jest do pewnego stopnia obojętny. Rzecz jasna, że każdy interesujący się tą materią, zaznajomi się z nią, z olbrzymiej wprost literatury tego przedmiotu, posiłkując się choćby zestawieniem podanym w pracy Inż. Schloszbergera p. t.: „Bautechnischer Luftschutz“, przetłumaczonej zresztą na język polski, lub też cenną pracą P. Siłakowskiego p. t.: „Obrona przeciwlotnicza w budownictwie“, umieszczoną w IV t. „Podręcznika Inżynierskiego“.

ad 3. Sprawę kwasu ciano-wodorowego poruszyłem mimochodem, nie zajmując się w ogóle jego użytecznością dla celów zatrucia terenu, do czego nie czuję się powołanym. Zresztą nie pozostałem tylko na tym przykładzie, podając również pewne daty, wynikające z ewentualności użycia fosgenu. W tej części artykułu zwróciłem uwagę, i to jest właśnie zasadnicze, na przesadzone obawy, związane z atakiem gazowym, przy czym sam typ gazu był dla mnie zupełnie obojętny. W tej sprawie opierałem się zresztą na opinii znanego specjalisty Prof. Klinga z Paryża, który położył olbrzymie zasługi w obronie przeciwgazowej aliantów w czasie wielkiej wojny i do dzisiaj nad tym problemem pracuje.

ad 4. Przyjmuję do wiadomości zapewnienie P. Inż. Bieleni, że zapewne wkrótce będzie przyjęta przez władze podana przez Niego terminologia „środków obrony czynne i bierne“ zamiast dotychczasowej „obrona czynna i bierna“, sędzę jednak, iż dla poruszonego tematu jest to sprawa zupełnie bez znaczenia.

ad 5. Uwagi tej trochę nierozumię. Zaznaczyłem w artykule, że działa zenitowe stanowią „główny“ element obrony czynnej. Nie wykluczyłem zatem i inne możliwości podkreślając tylko do pewnego stopnia preponderancję pod tym względem dział zenitowych. Na to chyba obaj się zgodzimy.

ad 6. Tutaj niestety bardzo jaskrawo różni się z zapatrywaniami P. Inż. Bieleni. Nie negując zupełnie cennych wartości organizacji OPL. uważam za bardziej właściwe przekazanie usuwania gruzu i ruin w czasie wojny Zakładom czyszczenia miast, których aparatura jest do tego już w okresach pokojowych doskonale dostosowaną. Nie wykluczam naturalnie wzajemnego porozumienia się tych organizacji, jednakże proponowane przeze mnie załatwienie sprawy, uważam za technicznie właściwsze.

ad 7. Że do gaszenia bomb mogą być z pożytkiem użyte gaśnice pianowe jest rzeczą znaną. Sędzę jednak, że nałożenie na właścicieli realności obowiązku posiadania takich gaśnic, których kosztą są dosyć znaczne, nie byłoby usprawiedliwionym. Pod tym względem piasek spełni swoje zadanie równie dobrze, a nie spowoduje zbyt wielkich i dokuczliwych kosztów.

ad 8. Zaznaczyłem w swym artykule, iż nie mam zamiaru zajmowania się zbyt fantastycznymi projektami, złączonymi ze sprawą obrony przeciwlotniczej. Do tego typu zaliczam na razie tendencję, do zupełnego wyeliminowania tramwajów z obszaru nowych miast. Trzeba bowiem pamiętać, że nurt życia miasta nie da się nigdy uregulować wyłącznie pod kątem widzenia działań wojennych. Wszystko, co w tej mierze zrobić możemy będzie zawsze pewną średnią z najrozmaitszych skrajnych możliwości.

Załączam wyrazy prawdziwego poważania

Prof. Bratro.

Wystawy i Zjazdy

Sprawozdanie z II Międzynarodowego Kongresu Mostów i Konstrukcji Inżynierskich. Berlin-Monachium I—II. X. 1926 r.
W październiku r. b. obradował w Berlinie II Międzynarodowy Kongres Mostów i Konstrukcji Inżynierskich przy współudziale delegatów 32 państw świata. Pod względem organizacyjnym i ilości wygłoszonych referatów znacznie przewyższający Kongres Paryski, Kongres ten wykazał we wszystkich państwach silny postęp w dziedzinie konstrukcji inżynierskich, wysuwając na pierwszy plan, jako tworzywo budowlane, stal (z 90 referatów zasadniczych 62 stanowiły referaty, dotyczące konstrukcji stalowych. W referatach dyskusyjnych stosunek był mniej więcej taki sam). To ogromne zainteresowanie stalą jako materiałem budowlanym, wywołane jest kilkoma ważkimi przyczynami, a mianowicie:

1. metoda łączenia elementów stalowych za pomocą spawania, która na kongresie paryskim stanowiła jeszcze rewelację zwłaszcza w śmiałym zastosowaniu praktycznym w Polsce (prof. Bryła) i oryginalnym ujęciu teoretycznym (prof. Godard, Gehler, Goelzer), została w ciągu tych czterech lat poparta tak doskonałymi wynikami badań nad konstrukcjami istniejącymi, oraz tak licznymi budowlami (mosty drogowe i kolejowe, hangary, budynki szkieletowe, zapory wodne i wiele innych), że w niektórych państwach (Szwecja, Belgia, w dużej mierze Francja i Niemcy) wyparła zasadniczo nitowanie, otwierając nowe możliwości dla budownictwa stalowego.

2. Drugim z kolei czynnikiem są względy obronne, co np. w Niemczech wyraźnie bije w oczy (ostatnio wykonane mosty stalowe są to przeważnie belki o ścianie pełnej, które, jak widzimy, dają się z łatwością odbudować w razie uszkodzenia, zwłaszcza przy użyciu spawania).

3. Trzeci czynnik — to wzrost w ostatnich czasach wymagań estetycznych i poszukiwanie w tej dziedzinie nowych form, oraz urbanistyka, co przy zastosowaniu jako tworzywa zasadniczego stali w budowlach monumentalnych (przejście wiaduktami długich dolin w okolicach górskich, budowle szkieletowe itp.) umożliwia pięknie i dobrze się kalkulujące rozwiązania.

4. Czwartym czynnikiem jest polityka państw walki z bezrobociem i kryzysem który w bardzo silnym stopniu ogarnął przemysł metalowy.

Całokształt zagadnień z budownictwa stalowego objęły następujące tematy:

1. Znaczenie ciągłości stali przy obliczaniu i projektowaniu konstrukcji stalowych ze szczególnym uwzględnieniem ustrojów statycznie niewyznaczalnych.
2. Zagadnienia praktyczne w konstrukcjach spawanych:
 - a) wpływ obciążeń dynamicznych i zmiennych na konstrukcje spawane,
 - b) projektowanie i wykonanie spoin przy uwzględnieniu naprężeń termicznych,
 - c) kontrola spoin,
 - d) wnioski z obserwacji nad wykonanymi konstrukcjami spawanymi.
3. Badania teoretyczne i doświadczenia nad elementami konstrukcji nitowanych i spawanych.
4. Zastosowanie stali w budownictwie wodnym.
5. Zastosowanie stali w budownictwie lądowym i mostownictwie.
6. Zastosowanie stali wysokowartościowej w żelbetnictwie.

Temat I.

Dla określenia pewności ustroju stalowego lub jego części jest rzeczą konieczną zbadanie warunków równowagi i odkształceń pod działaniem obciążenia wzrastającego już po osiągnięciu częściowym stanu plastyczności (Kist, v. Kazinczy). Kształt przekroju poprzecznego belek i dźwigarów ma wpływ przeważający na wytrzymałość, a więc i na pewność konstrukcji. Założenie jednostajnego przenoszenia się sił w poszczególnych elementach konstrukcji stalowej (nitowanej czy spawanej) można jedynie wytłumaczyć ciągłością stali.

Przy badaniu równowagi (stałej i niestałej) przyjmuje się dla traktowania materiału jako plastycznego, w sensie klasycznej teorii plastyczności, że występowanie stanu plastycznego (płynięcie) zależy od miejscowego skręcenia i wydłużenia. Nowsza teoria opiera się na założeniu, że proces płynięcia zależy od kształtu pola naprężeń, a więc i płynięcie materiału nie odbywa się w sposób ciągły (Kuntze, Prager, Thun, Wunderlich). Doświadczenia, wykonane w ostatnich czasach nad belkami zginanymi i belkami o przekroju jajowatym (Rinagl) wskazują, że znaczne podniesienie granicy płynności, które zauważono kiedyś dla pól o nierównomiernym rozkładzie naprężeń, prowadzi do rozmaitej interpretacji wyników doświadczeń. Stwierdzono, że podwyższenie granicy płynności jest bardzo ważną własnością stali, co w dotychczas wykonanych doświadczeniach na rozciąganie nie było dostatecznie wyjaśnione. Przy zginaniu górna granica płynności nie zależy zupełnie od kształtu przekroju (Rinagl). Płynięcie materiału w sposób nie ciągły odnosi się do górnej granicy płynności. Dla dalszego rozwoju teorii plastyczności zwolennicy starej teorii (Roß, Eichinger) proponują oprzeć się na rozważeniu stanu naprężeń i odkształceń elementu w obszarze plastycznym, podczas gdy zwolennicy nowszej teorii porzucają punkt widzenia, że naprężenia maksymalne są określone. Dalsze badania niewątpliwie wyjaśnią to zagadnienie.

Dla określenia stateczności (ściskanie mimoosiowe) posiłowano się zarówno klasyczną jak i nową teorią plastyczności, przy czym stwierdzono, że otrzymuje się w obu przypadkach bardzo proste wyniki.

W belkach ciągłych o przekroju stałym zachodzi przypadek obciążenia wzrastającego od 0 do pewnej wartości skończonej. Należałoby sprawdzić wyniki doświadczeń za pomocą nowej teorii plastyczności, co dla celów praktycznych ma ogromne znaczenie. Dotyczy to również sprawdzenia teorii za pomocą doświadczeń przy zastosowaniu obciążeń zmiennych, czego dotychczas nie wykonano. Doświadczenia na zmęczenie tworzywa nad belkami o ściance pełnej wykazały, że prawo Bleich'a sprawdza się i odkształcenia stałe belki ciągłej o równych przesłach dążą do granicy skończonej nawet przy bardzo znacznej liczbie okresów (700.000) i dla obciążeń zmiennych (v. Kazinczy, H. Bleich). Dalsze doświadczenia są w toku.

Doświadczenia dotychczas wykonane pozwalają na określenie wpływu osiadania podpór, co w większości przypadków nie jest niebezpieczne.

Temat II.

Spawanie elektryczne od kongresu paryskiego poczyniło w wielu krajach znaczne postępy, powstały liczne

konstrukcje spawane, mosty kolejowe i drogowe. W wielu też krajach istnieją już oficjalne przepisy projektowania i wykonania konstrukcji spawanych. Dotychczasowe doświadczenia wykazały, że stal o małej zawartości węgla nadaje się dobrze do spawania. Stale wysokowartościowe również nie nasuwają wątpliwości, o ile zachowany jest warunek, aby skład ich był taki, aby podczas spawania nie powstawały pęknięcia i rysy.

Dzięki zastosowaniu spawania konstrukcjom można nadawać piękny, jednolity kształt przy jednoczesnym zmniejszeniu ciężaru własnego (15—20% w porównaniu z konstrukcją nitowaną), a więc i kosztów.

Spawanie wymaga na ogół dużej staranności w wykonaniu zarówno w fabryce, jak i na budowie i stałego nadzoru w trakcie robót. Dobroć wykonania zależy głównie od staranności spawaczy; wymaga to ciągłego szkolenia i nadzoru nad wykonawcami. Trzeba mieć dużą wprawę, aby ograniczyć do minimum skurcz, co ma zwłaszcza duże znaczenie na budowie.

Doświadczenia wykazały, że wytrzymałość spoin stykowych, w szczególności przy obciążeniach powtarzanych, znacznie wzrasta po odpowiedniej obróbce szwu, oraz, że wytrzymałość na zmęczenie szwów stykowych, należycie wykonanych, jest co najmniej równa wytrzymałości analogicznego połączenia nitowanego. Dużą wytrzymałość belki dwuteowej, składającej się z blach, można osiągnąć przy zastosowaniu różnych rodzajów szwów, łączących blachy pionowe z poziomymi. Wytrzymałość na zmęczenie szwów stykowych podwyższa się znacznie, o ile po oczyszczeniu ze szlaku itp. zanieczyszczeń szew ponownie spawac, zwłaszcza przejścia szwu do materiału rodzimego. Mniejszą wytrzymałość posiadają szwy prostopadłe do kierunku siły oraz końce szwów. Wymaga to zmniejszenia naprężeń dopuszczalnych w tych miejscach dla materiału rodzimego. Przy obciążeniach dynamicznych należy unikać szwów przerywanych. Dla szwów kątowych przy spoinach grubych jest wyjątkowo ważne niedopuszczenie do powstania pęknięć wewnątrz spoiny. Dlatego też zaleca się wykonywanie tych szwów warstwami przy użyciu elektrod 3—4 mm. Łagodne przejście od spoiny do materiału rodzimego może podnieść wybitnie jej wytrzymałość na obciążenia powtarzane.

Wysoka temperatura podczas spawania wywołuje duże naprężenia termiczne, które pod obciążeniami statycznymi nie są niebezpieczne dzięki plastyczności metalu. Liczne doświadczenia wytrzymałościowe na zmęczenie przy gięciu, wykonane nad belkami spawanymi, wykazały, że naprężenia termiczne nawet przy szwach podłużnych nie są niebezpieczne. Belki spawane, przynajmniej belki o ściance pełnej, mają co najmniej taką samą wytrzymałość na zmęczenie, jak konstrukcje nitowane. Należy jednak przedsięwziąć środki ostrożności, aby nie dopuścić do powstania naprężeń termicznych przez: odpowiednio staranne ich wykonywanie, nie zwiększanie bez potrzeby przekroju spoiny, unikanie takiego materiału elektrody i otuliny, które wymagałyby zbyt dużego natężenia prądu. Dla belek o ściance pełnej korzystniejszą jest stosować grubsze blachy środknika od kilku cienkich.

Badanie szwów stykowych metodą rentgenologiczną jest bardzo wskazane. Grubsze szwy wielowarstwowe należy badać po wykonaniu pierwszej warstwy, ponieważ rysy powstają zazwyczaj w pierwszych warstwach. Sposób magnetyczny zaleca się dla szwów podłużnych. Sposób mechaniczny dla szwów stykowych nie daje pożądanych wyników.

Temat III.

Od Kongresu Paryskiego przeprowadzono wiele badań teoretycznych i doświadczeń nad poszczególnymi elementami konstrukcji stalowych. Ogłoszono cenne prace z dziedziny wytrzymałości i stateczności ustrojów np. o poziomym usztywnieniu blach pionowych belek o ściance pełnej, o gięciu, skręcaniu i ścinaniu belek o cienkich ściankach, o sztywnych węzłach w konstrukcjach ramowych, o naprężeniach belek o osi łamanej, o wytrzymałości połączeń nitowanych.

Badania te mają to znaczenie, że zrewidowały stopień dokładności przyjętych metod obliczeniowych. Wykazują one ścisłość teorii przez przeprowadzenie pomiarów na obiektach już istniejących. Zaznaczył się również ogromny postęp w badaniach naukowych przez wprowadzenie badań na modelach, co jest szczególnie pożądane przy budowie ważnych obiektów lub tych części, które

w wielu egzemplarzach powtarzają się w konstrukcji. Sposoby pomiarów i przyrządy znacznie się udoskonaliły. Pożądaną jest rzeczą dążenie do dalszego rozwoju metod doświadczalnych, sposobów obliczeń w celu otrzymania jaknajprostszych a przy tym ścisłych danych do projektowania konstrukcji stalowych.

Temat IV.

Z referatów i dyskusji nad tym tematem wynika, że znaczenie stali jako materiału budowlanego w budownictwie wodnym w ostatnich latach ogromnie wzrosło. Mimo różnorodności zagadnień starano się ująć konstrukcje stalowe w ogólności celem rozwiązania wielu problemów w sposób jednolity.

Wśród zagadnień, dotyczących budownictwa wodnego, ważne miejsce zajmuje korozja. Jest rzeczą konieczną zebrać wyniki licznych obserwacji i doświadczeń, współpracując oczywiście z inżynierami, zajmującymi się wogóle budownictwem stalowym, co zapewni dalszy rozwój wiedzy w tej dziedzinie.

Wykonane dotychczas doświadczenia stwierdzają, że wytrzymałość ścianek szpuntalowych na rdzewienie jest znacznie większa, niż dotychczas mniemano. Walka z korozją zarówno przez odpowiednie projektowanie konstrukcji, jak i doboru tworzywa wpłynie na dalszy rozwój korzystnego stosowania stali w budownictwie wodnym. Byłoby rzeczą nader pożądaną, aby Międzynarodowe Tow. Mostów i Konstrukcji zbierało dane z obserwacji i badań nad konstrukcjami wodnymi. Opisy należałoby robić jaknajdokładniejsze, podawać nawet takie cechy, charakterystyczne obserwowanych przypadków, które pozornie wydają się bez znaczenia.

Bardzo korzystnym okazuje się w budownictwie wodnym spawanie, zwłaszcza elementów płaskich i podległych skręcaniu. Zapomocą spawania można osiągnąć doskonałą szczelność konstrukcji, a pod względem łatwości wykonania spawanie przewyższa w tych budowlach nitowanie.

Temat V.

Nowe formy konstrukcyjne, stworzone wskutek wymagań technicznych, gospodarczych i estetycznych wwarły duży wpływ na rozwój teorii i projektowanie konstrukcji stalowych. Niektóre zagadnienia teoretyczne, jak np. sztywności belek o ściance pełnej, teoria ramownic posunęły się wybitnie naprzód.

W ostatnich latach budownictwo stalowe otrzymało nowy impuls — spawanie, które zarówno pod względem ekonomicznym, technicznym, jak i estetycznym przynosi ogromne korzyści.

Bardzo ciekawe jest nowe dążenie zastosowania stali w konstrukcjach nośnych płaskich. Te typy konstrukcji, których teoretyczna wytrzymałość i stateczność jest zbadana, nadają się bardzo dobrze do pokryć hangarów. — Nośne konstrukcje płaskie mogą być również stosowane jako nawierzchnia mostów drogowych. Dzięki spawaniu lekkość konstrukcji pozwala na konkurencję stali z betonem w małych mostach. Należy pamiętać, że metoda ta przynosi znaczne oszczędności.

Wyniki doświadczeń na zmęczenie tworzywa, które służą za podstawę do wymiarowania konstrukcji, podle-

głych obciążeniu zmiennemu, wykazały, że dla stali St. 52 o wysokiej wytrzymałości można zwiększyć naprężenia dopuszczalne, o ile naprężenia początkowe są duże i o ile pozwala na to stateczność ustroju. Wprowadzenie wyników doświadczeń na zmęczenie do wzorów praktycznych winno być jeszcze poprzędzone zestawieniem danych, otrzymanych z licznych dotychczasowych doświadczeń.

W konstrukcjach budowlanych stalowych całkowicie wyjaśniono środki przeciwpożarowe dzięki liczным doświadczeniom dla zbadania wytrzymałości ogniowej, wykonanym na słupach stalowych z okładziną. W najbliższym czasie ukaze się klasyfikacja materiałów konstrukcyjnych ze względu na wytrzymałość ogniową.

Na zakończenie należy nadmienić, że w budownictwie i mostownictwie zaznacza się coraz wyraźniej dążenie do stosowania konstrukcji sztywnych obetonowanych. Pomiarzy na wykonanych konstrukcjach tego typu wykazały, że wyniki praktyczne zgadzają się z wynikami teoretycznymi, o ile uwzględnia się współpracę konstrukcji stalowej z powłoką betonową, np. płyty z dźwigarami w jezdni mostowej.

Połączenie słupów stalowych z powłoką betonową zbadano również przez wykonanie szeregu doświadczeń na wyboeczenie słupów, obciążonych osiowo i mimoosiowo. Celem tych doświadczeń było dążenie do zwiększenia naprężeń dopuszczalnych w stali.

Obecnie punktem zainteresowania licznych uczonych są różnego rodzaju stropy w budynkach szkieletowych. Przygotowuje się doświadczenia z tej dziedziny.

Temat VI.

Stal wysokowartościowa nadaje się doskonale i przynosi ogromne korzyści w budownictwie żelbetonowym, dzięki możliwości podniesienia naprężeń dopuszczalnych. Dla stali St. 37 można przyjąć 1200 kg/cm^2 do 1800 kg/cm^2 w zależności od rodzaju betonu, a nawet w szczególnych przypadkach 2200 kg/cm^2 . Stropy belkowe, które są poddane głównie obciążeniu nieruchomemu, uzbrojone stalą St. 52 przy naprężeniu dopuszczalnym 1800 kg/cm^2 , mają taką samą wytrzymałość, co stropy uzbrojone stalą St. 37 przy naprężeniu dopuszczalnym 1200 kg/cm^2 . Dla płyt o przekroju prostokątnym można podnieść naprężenie dopuszczalne do 1800 kg/cm^2 nawet przy obciążeniach ruchomych, o ile uzbroi się je stalą St. 52 i o ile wytrzymałość kostkowa wynosi 225 kg/cm^2 . Dla stropów belkowych naprężenie dopuszczalne w stali można podnieść najwyżej do 1500 kg/cm^2 . Jasną jest rzeczą, że podniesienia naprężeń dopuszczalnych przynosi duże korzyści konstrukcyjne i ekonomiczne.

Zastosowanie stali wysokowartościowych w żelbetnictwie wpłynęło na powiększenie rozpiętości mostów belkowych przy jednoczesnym zmniejszeniu ich ciężaru własnego. Dzięki temu uzbrojeniu beton w mniejszym stopniu niż dotychczas jest narażony na rozciąganie. Rozpiętości mostów belkowych o ściance pełnej dochodzą już obecnie do 80 m , mostów zaś kratowych do 100 m , a belek ciągłych do 150 m . Ostatnie próby praktyczne dążą do takiego wykonania układu zbrojenia, aby pod wpływem ciężaru własnego występowało jedynie ściskanie. (C. d. n.)

Inż. Maria Kubaszewska.

TREŚĆ: Prof. W. Mozer: Nowsze materiały stosowane w budownictwie maszyn. (Dokończenie). — Inż. B. Trakało: Teoria całkowita parcia ziemi. (Dokończenie). — Przegląd czasopism technicznych. — Recenzje i krytyki. — Kronika techniczna. — Listy nadesłane do Redakcji. — Wystawy i Zjazdy.

„CZASOPISMO TECHNICZNE“ WYCHODZI 10-go i 25-go KAŻDEGO MIESIĄCA.

Ceny ogłoszeń jednorazowych:

$\frac{1}{4}$ str. zł. 240; $\frac{1}{2}$ str. zł. 140
 $\frac{1}{4}$ „ „ 80; $\frac{1}{8}$ „ „ 50
 $\frac{1}{16}$ „ „ 30; $\frac{1}{32}$ „ „ 20

Ogłoszenia na miejscach specjalnie rezerwowanych o 25% drożej. Dla ogłoszeń o zaopiarowaniu lub poszukiwaniu pracy opust 50%.

Adres Redakcji i Administracji:

Lwów, ul. Zimorowicza 1. 9.
 Telefon Redakcji 226—60. Telefon
 Redaktora 117—75. Konto P. K. O.
 151,857.

Prenumerata w kraju: rocznie
 zł. 32; kwartalnie zł. 8.

Cena pojedynczego zeszytu zł. 1-60.

Przy ogłoszeniach powtarzanych udziela się następujących opustów:

2-krotnie	10%	3-krotnie	12%
4- „	15%	6- „	20%
10- „	25%	12- „	30%
18- „	40%	24- „	50%

Dla ogłaszających się stale, zmiany w tekstach ogłoszeń są bezpłatne