

Ieżeli to będzie, nie tram graniasty, ale kłoda której średnicą jest d , położyć należy $(0,757581)d^3$, miasto ah^2 .

Za granicę więc oporu, obciążonego z góry lub po śrzodku drzewa, w budownictwie nie bierze się już ten ciężar, który daną sztukę drzewa skruszyć jest zdolny; lecz ten raczej, pod którym zginać się poczyną.

P. Girard robił doświadczenia na wielkiej liczbie sztuk piłowanego i w kłodach drzewa, a z wypadków swych doświadczeń obszerne na dąb i sosnę ułożył tablice (*); w których naleźć można wielkość i położenie strzały ugięcia, w sztukach drzewa różnych wymiarów, w poziomém i pionowém położeniu; to jest: wyrazy oporu w iednym i drugim przypadku tym strzałom odpowiadającego. Za pomocą tych iego tablic, oznaczyć możemy w każdej potrzebie wymiary ociosanego drzewa; bądźto opór ostateczny aż do skruszenia, bądź też pierwsze strzały ugięcia, na których bezpieczniey przestać, wiedzieć będziemy chcieli.

R O Z D Z I A Ł IV.

Ż E L A Z O.

Własności
żelaza.

90. Żelazo jest metallem, ze wszystkich innych naitwardszym i naysprężystszym, a z całego budowlanego wátku największey mocy spoienia; i dla tychto własności użyte do wiązania i utrzymywania różnych części budowy, opiera

(*) *Traité analytique de la résistance des solides etc Section 3me.*

się często takim siłom, którym inaczej chcąc sprostać musielibyśmy zastawiać ogromne i ciężkie kamienia bryły; za pośrednictwem więc iego, możemy wznosić mocne, a bardzo lekkie i tanie budowle.

Jednym z charakterów znamienujących żelazo, jest pociąganie iego od magnesu. Żelazo czyste składa się z nitek włóknistych, albo drobno-ziarnistych cząstek. Stopione kryształizuje się przez ostudzenie w ośmiościany trójkątne, ieden na drugim utkwione. Daie się łatwo ciągnąć na cienkie dróty, ale na blachę między walcami daleko trudniej.

Żelazo rozszerza się od ciepła, i przybywa długości iego na każdy stopień Réaumura, podług Lavoisier i Laplace;

$$1) \text{ pręta stalowego } \dots\dots\dots \frac{1}{69920}$$

$$2) \text{ — z czystego lanego żelaza } \frac{1}{72080}$$

$$3) \text{ — z żelaza klepanego } \dots\dots \frac{1}{81937}.$$

Żelazo topi się w stopniu 160 piometru Weedgevooda, który odpowiada 9280 stopniowi ciepłomierza Réaumura.

Żelazo palić się może, a paląc się wchodzi w związek z kwasorodem, który go pozbawia własności metalicznych i daie z niem niedokwasy różnych kolorów; iako: biały, czarny, i między niemi pośrednie, czerwony i żółty.

Cieężkość iego względna iest 7,6; ale ta iest różna podług stopnia czystości żelaza, i podług tego, iak iest surowcem albo żelazem klepaném.

Dobre przymioty w żelazie czystém psują, a niekiedy cał-

kiem niszczą obce z nim połączone istoty, a naybardziej siarka i fosfor. Kiedy żelazo przez kucie będzie miało własne swoje cząstki, ściśle z sobą ziednoczone, wówczas nie powinno już w sobie zawierać żadnego obcego ciała; ale mimo wszelkiej o to troskliwości, rzadko otrzymamy żelazo zupełnie czyste; zawsze ono w sobie zawierać będzie odrobinę kwasorodu i węgla.

Odmiany żelaza i tych odmian własności.

91. Rozmaite odmiany stanu żelaza, iakoto: surowiec, żelazo klepane, i stal, nie inaczej się tworzą, tylko przez połączenie w różnych stosunkach żelaza czystego z kwasorodem i węglem. Przemysł umie w takich ilościach te pierwiastki z sobą połączyć, że ich związek wyda surowiec, żelazo i stal, pożądaných własności.

Surowiec.

92. *Surowiec* pochodzi ze stopioney rudy. Ruda w piecu roztopiona, odlewa się na piasku w tróygrance, około 1000 funtów wążące; te napowrót rozmiękczaia się w innych piecach, gdzie przez węgiel pozbywszy się ieszcze pozostałej części kwasorodu, przelewaią się w podobną, iak pierwiej postać. Takie dopiero bryły surowcu kładą pod wielki młot w kuźnicach, który z razu powolniey biiąc, zbliża do siebie cząstki żelaza, a obce z pomiędzy nich oddziela; potém uderzenia młota idą coraz silnieysze, i tym sposobem bryła surowcu przerabia się na sztabę żalaza, która na kowadle, różne od kupców żądane, przybiera kształty.

Surowiec ze względu na użytek, iaki dadź może w robotach przemysłu, dzieli się na cztery odmiany, z których każda ma sobie właściwe zalety i wady.

Surowiec biały. Ten najmniey ma węgla. Odłam iego biały, srebrzysty. Twardy iest bardzo i kruchy; z pożytkiem bydź może użyty tylko do robót przeznaczonych wytrzymywać silne uderzenia; ale też łatwo przez klepanie daie się przerobić na żelazo sztabowe.

Surowiec szary. Ten ma w odłamie kolor ołowiany, dla znaczey w nim ilości węgla; ołówkowi, czyli węgielkowi żelaza, który ma w sobie, winien, chociaż słabą, własność ciągłości; iest prócz tego dosyć krzepki. Dla tych więc własności przydatny iest do robienia dział i wszelkicy broni ognistey. Na żelazo sztabowe, nie tak łatwo iak pierwszy, zamieniony bydź może.

Surowiec mieszany trzyma śrzodek między dwoma poprzedzającemi, a łącząc w sobie zalety obudwóch, nayzdatniejszy iest do robót budowlanych, tudzież wszelkich innych, które silny opór stawić mają. Odmiana ta surowcu łatwo na żelazo przeklepać się dozwała.

Surowiec czarny naywięcey ma w sobie połączonego węgla. Odłam iego iest drobno-ziarnisty i ciemniejszy od szarego, miękki, słabego oporu, i w ogólności niewiele na co przydatny bydź może.

Wszakże naytrafniey ocenić można przymioty tych różnych odmian surowcu, rozpatrując się we własnościach żelaza, iakie się z którego wyrabia; i tak: ieżeli żelazo iest miękkie, krzepkie i daie się na zimno, równie iak z ognia klepać; surowiec, z którego pochodzi, będzie wybornych własności; przeciwnie zaś, ieżeli żelazo na zimno bez pomocy ostrza łatwo się dzieli, albo w ogniu pęka, surowiec iego

nie może bydź bezpiecznie użyty do odlewania wielkich budowlanych robót.

Żelazo sztabowe.

93. *Żelazo sztabowe*, równie iak surowiec, ma kilka różnych odmian; i tak w ogólności: żelazo, dając się na zimno i z ognia na kowadle ciągnąć; żelazo łamiące się na zimno bez pomocy ostrza; żelazo *miedziste* (*rouvrain*) pękające w ogniu, a zatém zwarzać się niemogące. Lecz daleko łatwiej sądzić o własnościach żelaza, uważając jego odłam, i tak:

1) Żelazo, którego odłam wydaie się błyszczący i wielkimi blaszkami natkany, twarde iest pod pilnikiem, i trudne do klepania na zimno i z ognia; w ogniu zaś paląc się, wielką ponosi stratę, a zamiast zmięknienia pod młotem, staie się bardziey ieszcze nieużytem. Takie żelazo do surowcu podobne, niewiele na co się przyda; chyba dla swej twardości użyte bydź może na części pewney iakiey roboty, która mocne tarcie wytrzymywać iest przeznaczona.

2) Żelazo, którego odłam, nie iest zbyt świetny, ani też biały, a z pomiernych ziarn złożony, miększe iest od poprzedzającego, rozgrzewa się i daie się klepać z łatwością. Kowale tę odmianę żelaza wysoce cenią, dla wielkiey iego krzepkości.

3) Żelazo odłamu ciemno-popielatego, z którego sterczą kosmki włókniste, zaleca się wielką miękkością i giętkością, łatwo się daie użyć na zimno i z ognia, pod młotem i pilnikiem; ale nie iest zdolne do przyięcia trwałego połączenia.

4) Zdarza się żelazo wspólnych własności dwóm poprze-

działającym odmianom. W odłamie jego odkrywają się tu światła, ówdzie ciemne mieysca. Wychodzi z handlu najczęściej *plamiste* i niejednostayney wciąż twardości; lecz wymięszone pod młotem staie się wyborném do użycia na kowadło i pod pilnikiem; krzepkie iest, nie będąc kruchém, ani nazbyt miękkim, i łatwo przyyмуie połysk trwały.

5) Żelazo, którego odłam drobno-ziarnisty, światło-popielaty, włóknami nienastrzępiony; iest dosyć tegie, nie łatwo dające się złamać, piękny przyymuie połysk, ale iest twarde pod pilnikiem i pękające na kowadle. Żelazo takie iest raczey podobne do stali, może się hartować, i nie przyda się na roboty, do utrzymywania ciężarów przeznaczone. Kiedy ma bydź po odkuciu piłowane, należy ie zwolna studzić, aby hartu nie nabrało. Na kowadle potrzeba się z niem, iak ze stalą, bacznie obchodzić.

6) Trafia się żelazo dosyć giętkie i klepalne na zimno, lecz w ogniu do białości rozpalone i bite młotem pęka się, wydaje zapach siarki i wyrzuca iskry żywey świetności.

Z tego opisanja własności różnych odmian żelaza, wypada przestroga; aby: ile razy żelazo ma utrzymywać zawieszony ciężar, albo działać ściągając, nie używać innego tylko włóknistego; złożone z blaszek błyszczących za surowiec raczey uważać należy. Żelazo więc iest tym lepsze, im drobniejszy ma ziarna; najlepsze całkiem włókniste.

94. Otrzymujemy pospolicie *stal* z pewney odmiany surowcu nazwanego surowcem szarym, który wiele ma w sobie czystego węgla. Jeżeli taki surowiec ściśle połączymy przez prażenie w ogniu z nową ilością węgla czystego, tak,

Stal.

aby tego była $\frac{1}{3}\frac{1}{3}\frac{1}{3}$ część całej masy; otrzymana tym sposobem stal, zowie się stalą *niemiecką*, albo *naturalną*.

Ieżeli sztabki żelaza, obłożone proszkiem potłuczonego węgla, szczelnie zamknięte w naczyniu glinianém, prażyć będziemy w natężonym ogniu; węgiel pozbawiony kwasorodu, nie mogąc się palić, w wysokim stopniu temperatury łączy się z żelazem; i tak otrzymany ich związek zowie się stalą *cymentowaną*.

Zwarzając w ogniu i kuiąc kilka sztabek żelaza i stali razem, otrzymujemy z nich żelazo *zwirowate* (*étouffe*), które w sobie łączy giętkość żelaza z twardością i sprężystością stali.

Wady przy-
padkowe.

95. Wady w żelazie z przyczyny złej rudy, albo niedość starannego iey wyrobienia pochodzące, te są główniejsze :

Dzicz. Iestto piasek, albo raczey odrobiny stali, wśród żelaza rozsiane; te, lubo iego mocy nie szkodzą, trudnią iednak użycie pilnika i robotę szpecą.

Skutki. Sato pęknięcia wpoprzek żelaza, będące skutkiem uderzenia wielkiego w kuznicach młota.

Plamy. Mówi się; że żelazo iest *plamiste*; kiedy na powierzchni ma iakby odstające łuski, lub zadziory.

Rozdwoienie. Iestto przerwa wśród takiego żelaza, które zle zwarzone i wymieszane było.

Zwarzaniem żelaza nazywamy działanie, które osobliwszym sposobem polepsza żelazo sztabowe; dzieie się ono wówczas, gdy, zamiast odkowania wprost ze sztaby zamierzoney roboty, sztaba się rozcina przez środek, dwie

połowy kładą się jedna na drugiej, i w całej rozciągłości na mocnym zwarzone ogniu, młotem się wymięsają. Z tego potem żelaza odkowuje się sztuka zamierzona. Czynność ta nadarza w żelazie wadę, którą rozdwojeniem nazwalimy, a która z tego pochodzi, że się w niektórych miejscach żelazo nie dobrze zwarzyło. Tey wady zawsze uniknąć można, a żelazo przez takie wymięszanie pod młotem wiele zyskuje na mocy.

96. Żelazo ma tę istotną wadę, że się w powietrzu wilgotném niedokwasza, czyli rdzawieie; rdzawieiąc zaś tak silnie pęcznieie, iż niekiedy nawet kamienie ciosowe rozsadza. Wszelako, naleziono żelaztwa zupełnie zdrowe w staroświeckich budowlach, i często się widzieć zdarza od kilku wieków w powietrzu nieuszkodzone; skąd wniesć należy, że kiedy ten metal bez przerwy iest narażony na ciąg świeżego powietrza, albo też opatrzony przeciw wilgoci, równie trwałym bydz może, iak i inne budowlane materyały. Można ieszcze zapobiedz prędkiemu niedokwaszaniu się żelaza, naprowadzając ie powłoką tłustą; smołą naprzykład, woskiem lub pokostem. Nadto, mamy z doświadczenia, iż żelaztvo, którego powierzchnia odkuta iest tylko, czyli odklepana, nie tak prędko rdzawieie, iak to, które pilnikiem wygładzone było. Żelazo osadzone w gipsie łatwo się takż psuie; ale zostawione w zaprawie wapienney, iakby żadney nie ulega odmianie.

Rdzawienie
żelaza.

97. Dla dopełnienia rzeczy o żelazie, pod względem użyteczności iego w budowli, pozostaie nam ieszcze przytoczyć wypadki doświadczeń, robionych wzamiarze poznania opo-

Wypadki do-
świadczeń nad
oporem żelaza

ru, iaki stawić może sile ciągnącej ie wedle długości włókien, prostopadle do nich, wstecz działającej, i naostatek kręcącej iak śrubą.

Ze wszystkich doświadczeń robionych nad mocą spoienia, żelaza uietego za końce i ciągnionego równolegle do długości włókien, doświadczeń, wypisanych obszernie u Rondeleta (*); wypada średni opór na linią kwadratową poprzecznego sztaby przecięcia: w żelazie ziarnistém 267 funtów; w żelazie włóknistém 652; więc opór ze średnich średni iest 449.

Doświadczenia robione w Petersburgu z Rossyyskiém żelazem, uczą (**).

1) Naylepsze gatunki żelaza znieść mogły ciężar dochodzący aż do 26 beczek, na powierzchni angielskiego iednego cala (***).

2) Też sztaby żelaza poczęły się wyraźnie przedłużać, pod dwiema trzecimi częściami pomienionego ciężaru, czyli pod $17\frac{1}{3}$ beczek.

5) Ciężarom, powiększaiącym się w postępie arytmetycznym, przedłużenia zdawały się odpowiadać w postępie geometrycznym.

4) Naygorsze gatunki żelaza pękały pod ciężarem ciągnącym 14 beczek; a przed pęknięciem wyraźnego przedłużenia się dostrzedz nie było można.

(*) RONDELET. l'Art de bâtir T. IV, partie II, pag. 506.

(**) Journal des voies de communications, l'année 1826 N. III à St. Petersburg.

(***) Beczka waży $62\frac{1}{2}$ pudów; stopa zaś angielska tak się ma do stopy francuzkiej, iak 0,9582 do 1.

5) Żelazo średniej dobroci pękło pod 24 beczkami, a przedłużać się wyraźnie poczęło pod 16 beczkami.

Gatunek też żelaza, spoienie cząstek jego, zmiany, którym przez klepanie ulega, są tyłąż przyczynami zmian w oporze włókien jego; iakoż doświadczenia Rondeleta uczą nas że:

1) Żelazo niewłokniste tym iest mocniejsze, im z drobniejszych ziarn złożone będzie.

2) Żelazo, powstające z ziarn grubych albo blaszek, ma tylko połowę mocy żelaza drobno-ziarnistego.

3) Każde żelazo wzmacnia się przez bicie młotem, czyli klepanie.

4) Żelazo opiera się wzmacniającemu działaniu młota, w stosunku prostym grubości sztab.

5) Moc żelaza klepanego zmniejsza się od powierzchni ku środkowi.

W żelazie przeto klepaném, moc nabyta przez klepanie, iest w stosunku prostym powierzchni młotem bitej i odliżanej kowadłem, a w odwrotnym grubości sztaby.

6) Żelazo ze wszystkich najmocniejsze iest to, które przez klepanie zostało całkiem przemienione w żelazo włokniste.

7) Skutek młota, dla obrócenia żelaza ziarnistego we włokniste, w sztabach grubych kwadratowych nie sięga głębiej nad pół linii stopy paryzkiej; kiedy w sztabach cienkich a płazkich przenika w miąższość z każdej strony z górą na dwie linie; stąd wypada prawidło: że, aby żelazo dało się całkiem przerobić na włokniste, grubość sztaby powinna bydz nie większą od trzech do czterech linii.

Więc najmocniejsze sztaby są te, w których stosunek powierzchni poprzecznego przecięcia do iey obwodu równa się *iedności*.

Dzieło P. Duleau (*) zawiera w sobie szereg licznych i nader ważnych doświadczeń nad oporem żelaza klepanego. Doświadczenia te robione były:

1^od Na sztabach żelaza kutego, obciążonych poziomie, lecz ciężarami nie tak wielkimi, iżby siłę sprężystości żelaza wyczerpnąć mogły.

2^{re} Na tychże sztabach obciążonych pionowo.

3^{cie} Na związkach czyli układach sztab, powiązanych z sobą rozmaitemi sposobami, dla powiększenia ich oporu.

4^{te} Na sztabie w łęk wygiętey tak, iżby iey końce ku sobie zbliżone i utwierdzone były.

5^{te} Na sztabach poddanych sile kręcącey, lecz nie tak wielkiey, iżby siłę sprężystości zniszczyć mogła w żelazie.

Oto są główne wypadki tych doświadczeń.

1) Sztaba z kutego żelaza ciągniona albo tłoczona, dopóty nie traci sprężystości swoiey, dopóki ciężar na nią działający nie przechodzi 48 funtów, na iedną linią kwadratową powierzchni poprzecznego przecięcia.

Opór w przy-
padku pierw-
szym.

2) Strzały wygięcia, pochodzące od ciężarów, pośrzodku zawieszonych, w sztabie leżącey poziomie i opartej końcami na dwóch podporach, dopóty są proporcjonalne tymże ciężarom, dopóki ciężary nie są zbyt wielkie.

(*) Essais théorique et expérimental sur la résistance du fer forgé etc. Paris 1820.

3) Dwóch sztab czworogranych, różnych wymiarów, strzały wygięcia pod iednym ciężarem, są w stosunku prostym potęg trzecich długości, w odwrótnym szerokości, i potęg trzecich grubości. To prawo daie się tak wypisać:

$$f = 0,0000125 \frac{CL^3}{le^3}$$

f , L , l , e , są to: strzała, długość, szerokość i grubość sztaby, wyrażone w milimetrach; a C , ciężar, przyłożony na środku, wyrażony w kilogramach.

4) Naywiększa strzała, iaką mieć może sztaba żelazna, nie tracąc swoiey sprężystości, iest w prostym stosunku kwadratu długości, i odwrótnym grubości. Co się zamyka w następnym wzorze:

$$f = 0,00005 \frac{L^2}{e}$$

To prawo potwierdza się równie na sztabach okrągłych, na połączeniach z wielu sztuk, w pewney od siebie odległości razem związanych, na rurach okrągłych i kwadratowych; tylko, w każdym przypadku, położyć winniśmy miasto e , naywiększy wymiar pionowy użytey sztuki.

5) Opór sztaby okrągłej, mierzony strzałą wygięcia, iest w stosunku prostym ciężaru, trzeciey potęgi z długości, i odwrótnym czwartey ze średnicy poprzecznego przecięcia. To wysłowienie zawiera się w tym oto wzorze:

$$f = 0,00002122 \frac{CL^3}{d^4}$$

6) Strzała wygięcia sztaby pod własnym iey ciężarem, albo pod ciężarem iednostaynie po niey rozłożonym, iest

tylko $\frac{5}{8}$ strzały, iakaby miała też sama sztaba, pod tymże ciężarem, na iey śródku przyłożonym.

7) Jeżeli sztaby, poziomie utkwione, ieden koniec utwierdzimy niewzruszenie, a drugi obciążymy pewnym ciężarem; tedy poniżenie końca obciążonego iest równe strzale, któraby sprawił dwa razy większy ciężar, przyłożony do śródka sztaby, mającey takąż samą szerokość i grubość, ale dwa razy dłuższej, i wolnie końcami opartej.

8) Strzała, sprawiona przez własny ciężar sztaby, poziomie iednym końcem utkwionej, albo co iedno znaczy, przez ciężar równie po niey rozłożony, iest równa $\frac{3}{8}$ częściom tej strzały, iakaby sprawił tenże ciężar, przyłożony do końca wolnego.

9) Sztaba kwadratowa, mająca wybitne krawędzie, iednaki stawia opór, bądźto podług płazczyzny dwóch krawędzi przeciwnych, bądź na iednej ze ścian położoną będzie.

10) Jeżeli sztaba poziomie tak położoną będzie, iż końce iey ujęte i w niezmiennym kierunku trzymane, mogą się iednak ku sobie zbliżać bez przeszkody; tedy poniżenie, sprawione przez ciężar na śródku sztaby położony, iest równe $\frac{1}{4}$ części strzały, iakaby była, ieśliby końce teyże sztaby wolne leżały.

Opór w przy-
padku drugim

11) Sztaba prostokątna, wstecz długości ciśniona, opiera się bez ugięcia dopóty, dopóki uciskający ciężar nie stanie się

$$\text{równym } P = \frac{16450}{L^2} l e^3.$$

Taki dopiero ciężar skłania sztabę do zgięcia się w stronę wymiaru najcieńszego, i natychmiast sztaba na dwoie się przegina. Ciężar ten, iakto ze wzoru iego daie się wyczytać, iest proporcjonalnym szerokości i trzeciey potędze z grubości, a w odwrótnym iest stosunku kwadratu z długości.

12) Ciężar, zdolny zgiąć sztabę okrągłą a wstecz iey długości działający, iest:

$$P = \frac{96895}{L^2} d^4$$

Ciężar ten iest, iak widać z tego wzoru, w stosunku prostym czwartey potęgi ze średnicy, i w odwrótnym stosunku kwadratu z długości.

13) Sztaba kwadratowa wstecz ciśniona, zarówno wygina się, czyto płazczyzna krzywości przechodzi przez przeciwnie sobie krawędzie, czy też będzie równoległą dwóm przeciwnym ścianom sztaby.

14) Jeżeli sztaba, wstecznie ciśniona, ma ieden koniec mocno utwierdzony, a drugi nieinaczey może się ruszać, tylko podług linii prostey, łączącey oba iey końce; wówczas ciężar, potrzebny do iey zgięcia, iest równy $\frac{9}{4}$ tego, któryby był potrzebnym, gdyby sztaba utwierdzoną nie była.

15) Kiedy oba końce sztaby są ujęte i mocno przytwierdzone; wówczas ciężar, zdolny ją ugiąć przez wsteczne uciskanie, iest cztery razy większy, niż kiedy te końce są wolne.

16) Jeżeli sztaba, z góry uciśniona, na środku iest opartą, wygina się natenczas naksztalt S; a ciężar potrzebny do

takiego iey zgięcia, iest cztery razy większy, niż kiedyby sztaba była całkiem wolną.

Opór pewnych
związków ze
sztab złożo-
nych.

17) Gdy dwie sztaby prostokątne, równych wymiarów, tak są z sobą związane, że między niemi wciąż zostawiona będzie odległość pewna, a połączenie ich z sobą tak iest doskonałe, że te sztaby, ani oddalić się, ani zbliżyć, ani posunąć się nie mogą; tedy opór takiego układu, według płazczyzny, przechodzącey przez obie razem sztaby, do oporu takiegoż samego układu przypuszczając go bydz wciąż pełnym, iest iak $E^3 - e^3$, do E^3 ; gdzie E , znaczy grubość całą, a zaś e grubość miejsca próżnego, byleby cały układ nie w inną mógł się giąć stronę, tylko podług płazczyzny, wzdłuż przecinającej obie sztaby.

18) Opór rury żelazney okrągłej, albo kwadratowey, iest do oporu takieyże bryły, wewnątrz pełney, iak: $D^4 - d^4$ do D^4 , gdzie D i d znaczą średnice, albo boki rury, zewnętrzne i wewnętrzne.

Opór sztaby
włuk zgiętey.

19) Kiedy obciążymy pośrodku łuk żelazny, iednostayney wciąż grubości i szerokości, łuk małej krzywizny, którego końce mocno są utwierdzone, wtedy część iego trzecia u wierzchu płazczy się, a pozostałe przy końcach bardziey się wypukłemi robią; poniżenie punktu obciążonego iest prawie równe (gdy niewielkiego użyjemy ciężaru) strzale, którąby sprawił tenże sam ciężar, lecz położony na środku sztaby prostey, wolnie końcami opartej, równey w długości z tą trzecią częścią łuku.

20) Kiedy część trzecia środkowa łuku, całkiem się wyprostuje, co statecznie następuje pod ciężarem, trzy ra-

zy większym od tego, iaki odpowiada strzale *pierwotney* łuku całego (*); natenczas łuk giąć się poczyną w stronę przeciwną.

21) Kiedy przyłożone będą ciężary, po obu stronach łuku, na śródkach trzecich części końcowych, te części iego płazczą się a śródkowa bardziej się do góry wykrzywia. Nakoniec, cały łuk we dwoie giąć się poczyną, gdy się wyprostowuią obie iego części końcowe. Skutek ten nastaje pod ciężarem potrójnym tego, który odpowiada strzale *pierwotney* łuku całego.

22) Ze wszystkich mieysc, w których łuk żelazny obciążonym bydź może, nayniedogodniejszy jest początek iedney czwartey od końców iego części; strzała nieobciążoney połowy wzrasta, a obciążoney maleje, ilością prawie równą, ieżeli ciężary nie są wielkie, tey strzale, któraby uczynił ciężar, użyty w sztabie, równey połowie całego łuku. Naostatek, połowa obciążona wyprostowuię się zupełnie i skłania łuk cały do wygięcia się w stronę przeciwną, pod ciężarem dwa razy większym od odpowiedniego strzale *pierwotney*.

23) Ieżeli ciężar usiłuię skrócić sztabę okrągłą, wówczas łuk *skręcenia* (*torsion*) dany iest przez to zrównanie: $11,55 Gd^4 = LKS$; gdzie G iestto ów łuk wyrażony w stopniach, d średnica sztaby, L iey długość, S ramie ciężaru na końcu położonego i danego w metrach, K ciężar wyrażony w kilogramach.

Opór przeciw
kręceniu.

(*) Ieżeli sztaba prosta, taka zupełnie, iaka iest w łuk zgięta, wolnie końcami wsparta i obciążona po śródku, nabędzie strzały równey strzale łuku; wtedy ciężar ią sprawuiący zowie się odpowiednim strzale *pierwotney*.

24) Aby poprzedzającą formułę można było zastosować do rury okrągłej, należy w niej zamiast d^4 , położyć $D^4 - d^4$; gdzie D i d znaczą średnicę zewnętrzną i wewnętrzną rury.

25) Dla sztaby kwadratowej wzór jest taki: $16 Gc^4 = LKS$, gdzie c jest bok kwadratu wyrażony w milimetrach.

26) Dla rury kwadratowej potrzeba w tymto wzorze miasto c^4 położyć $C^4 - c^4$, gdzie C , c znaczą boki zewnętrzny i wewnętrzny kwadratu.

Sprężystość i wielka moc spoienia w żelazie klepaném, wprowadziły je w częste do budowli użycie, a osobliwie na wieży i tak nazwane kotwie, dla utrzymania części słabych, gdy te wielkiego parcia doświadczać mają.

Używa się też żelaza za watek budowlany, dla złożenia lekkich, trwałych i niepalnych członków budowli. Lecz mając takie z żelaza ukształcać związki, powinniśmy raczej używać sztab cienkich, mocno razem w pewien układ związanych, niżeli sztab grubych: doświadczenia bowiem P. Duleau dowodzą, iż te cieńsze sztaby, przez oddalenie mogą mieć zbiorowy opór tak wielki, iak pełne i miększe, ale daleko od tamtych cięższe. Nadto, używanie sztab cieńszych ieszcze i tę daie korzyść, że w nich żelazo całkiem prawie jest włókniste; azatém przy równych względach daleko mocniejsze. Wszelako, używanie żelaza ostróżne bydz powinno, i zawsze zę względem na rozszerzalność iego od ciepła i łatwe rdzawienie.

Watek budowli, nie iuż surowy, iakiego własności *fizyczne* uważaliśmy dotąd, lecz przygotowane bryły iego,

pewney wielkości, kształtu i położenia, tudzież w szczególnym połączone szyku, nazwaliśmy pierwiastkami budowlu (24). W tey więc części, pozostaie nam ieszcze uważać: naprzód, własności brył wątku budowlanego, zależące iedynie od wielkości, kształtu i względnego ich do siebie położenia, to iest: ich własności *matematyczne*; powtórre, poznać tych brył sposoby łączenia, czyli ich związki pierwotne, w których daie się tylko wzgląd na pierwsze i drugie własności, a zgoła nie uważa się ieszcze ostatecznego roboty przeznaczenia.

R O Z D Z I A Ł V.

PRAWA MOCY SPOIENIA, CZYLI OPORU, BRYŁ KRUCHYCH, GIĘTKICH I SPRĘŻYSTYCH.

98. Kiedy siła, dążąca do rozerwania bryły, działa równolegle do iey włókien zbiorowych, opór, który w tym przypadku bryła stawia sile, mocą spoienia własnych części, zowiemy *oporem bezwzględnym* (*résistance absolue*); i wzór do liczenia tego oporu, wstanie równowagi, iest (*):

Prawo oporu
bezwzględne-
go.

$$Q = r \int z dx + C;$$

gdzie Q znaczy siłę, r opór każdego poiedynczego włókna, dany z doświadczenia na iednostce powierzchni, naprzykład linii kwadratowey (71), (86) i (97); x i z wespół uszykowane *podstawy przetłamania* (*base de fracture*); tak

(*) GIRARD. Traité analytique de la résistance des solides etc. pag. 2.