

Annales de l'Institut Polytechnique
de St. Pétersbourg.

1905.

Vol. IV.

ИЗВѢСТІЯ

С.-ПЕТЕРБУРГСКАГО

ПОЛИТЕХНИЧЕСКАГО ИНСТИТУТА.

1905.

ТОМЪ IV.

(Съ 4 таблицами).

ФБ СПбГУ



0000497359



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

1905.

Новый приборъ, опредѣляющій зависимость между напряжениями и деформациями во время удара

Князи А. Гагарина.

Два года тому назадъ я занялся мыслью до нельзя упростить машину для испытанія матеріаловъ и уменьшить массу ея частей, чтобы быстрее получать диаграммы, приближаясь къ условіямъ удара.

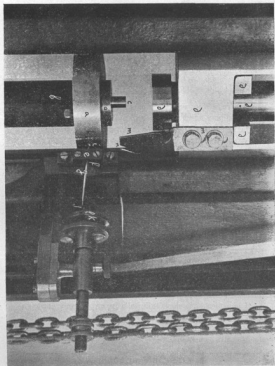
Въ январѣ 1904 г. я рѣшился построить приборъ, автоматически вычерчивающій диаграмму зависимости между усилиями и деформациями къ моменту удара. Ударъ я выбралъ сжимающій, такъ какъ при немъ все движенія и напряжения происходятъ по одной вертикальной прямой линіи. Лѣтомъ 1904 г., благодаря совѣту В. В. Дермантова, я отказался отъ оптическаго метода записи, требующаго затемнѣнія длиннаго конца съ его частями и приборами, которые надо видѣть, чтобы можно было за ними постоянно слѣдить. Затѣмъ стѣснить лабораторію удаленное расположеніе зеркалъ и громоздкихъ свѣтовыхъ источниковъ. Наконецъ оптическій способъ не удобенъ потому, что только послѣ проявленія пластинокъ становится видно, получились ли результаты, или нѣтъ.

Я перешелъ къ чисто механическому способу, который тутъ же даетъ записъ, по точности и рѣкости превышающую свѣтовую записъ, а по простотѣ не отбивающую охоту производить испытанія.

Описаніе прибора.

На шляпку *a* газовой трубы *b*, какъ на наковальню, поставленъ испытываемый образецъ *c*, на который падаетъ баба

d (фиг. 1). Интересно знать то, что происходит после



Фиг. 1.

момента приложения баби к образцу. Расстояние между бабой и вертикальной уменьшается, потому что происходит

деформация (сплющивание) образца. Но в то же время сама наковальня опускается, потому что стоит на пружинящей газовой трубке, сокращающейся, как динамометр, под действием удара.

Рядомъ къ станинѣ копра неподвижно привинченъ шаровой подшипникъ *e*. Въ немъ гнѣздится велосипедный шарикъ *f*, произведенный иглою *g*, состоящей съ шарикомъ какъ бы одно цѣлое. Игла можетъ двигаться только около центра этого шарика.

Сторона мѣдной оправки *k*, обращенная къ иглѣ, расточена по сферѣ съ центромъ по возможности совпадающимъ съ центромъ шарика *f* и отполирована. На нее надѣтъ колпачекъ *l* изъ выдуженнаго свинца, какой идетъ на бутылочные капсулы, окрашенный черной матовой анилиновой краской на спиртовомъ лакѣ. Колпачекъ плотно приглаживается пальцемъ къ оправкѣ *k* и по его сферической поверхности игла можетъ записывать всѣ свои движения. Необходимое нажатіе иглы о сферу, даже при нѣкоторомъ несовпадении центра ея движений съ центромъ шаровой впадины *k*, обеспечивается тѣмъ, что остріе иглы *j* сдѣлано выдвижнымъ и поднимается спиральной пружинкой, скрытой въ иглѣ.

Въ наковальнѣ *a* сдѣлана сбоку горизонтальная прорѣзь *h*, по которой можетъ двигаться шарикъ *i*, надѣтый на ушко той же иглы *g*. Опусканіе наковальни тянетъ зъ собой ушко иглы и поднимаетъ ея остріе, такъ что на зачерненной поверхности получается свѣтлая линия, поднимающаяся вертикально вверхъ. Къ бабѣ *d* привернута вилка *m* съ винтовой прорѣзью *n*, которая въ моментъ прикосновенія бабы къ образцу охватываетъ третій шарикъ *o* (фиг. 3), насаженный на иглу между обоими шариками *f* и *i*. Ось винтовой прорѣзи вертикальна и проходитъ черезъ центръ шарика *f*. Это устройство дѣлаетъ то, что уменьшающееся разстояние между бабой и наковальней заставляетъ остріе иглы чертить на сферѣ горизонтальную линию слева на право. Сочетаніе обоихъ движений, вертикальнаго и горизонтальнаго, и даетъ искомую кривую зависимости между усилиями и деформациями во время удара въ косоугольныхъ координатахъ.

Fig. 1.

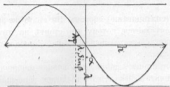


Fig. 3.

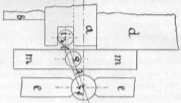
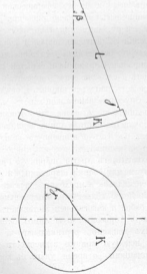


Fig. 2.



Опредѣлимъ уголъ γ между осями координатъ нашего диаграмнаго бланка (фиг. 2). Предположимъ, что мы образца не поставили и слабо ударили бабой d по наковальнѣ a (фиг. 3), которая вѣдетъ съ шарикомъ i отъ этого опустилась на величину $l \sin \beta$, такъ что остріе иглы j описало вверхъ по сферѣ дугу $L \beta$. Благодаря винтовой поверхности n (фиг. 1) вилки m (фиг. 3), шарикъ o отклонился влево на уголъ φ (фиг. 4), опредѣляемый изъ уравненія $\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{2\pi l} = \frac{l \sin \beta}{l \varphi}$, откуда $\varphi = \frac{2\pi l \sin \beta}{h}$, а отклоненіе острія j иглы вправо, происходящее не отъ деформация образца, а исключительно отъ скатія динамометра b и опусканія шарика i , равно $L \varphi = \frac{2\pi l L \sin \beta}{h}$.

Наконѣцъ уголъ γ между координатными осями нашего диаграмнаго бланка опредѣляется изъ уравненія $\operatorname{tg} \gamma = \frac{L \beta}{L \varphi} = \frac{h \beta}{2\pi l \sin \beta} = \frac{\beta}{\sin \beta} \operatorname{tg} \alpha$.

При маломъ углѣ β мы можемъ принять $\beta = \sin \beta$. Такимъ образомъ мы на нашей сферической поверхности получимъ, что уголъ γ между касательными къ дугамъ, образующимъ собою оси координатъ, равенъ углу α дорожки n (фиг. 1) съ горизонтомъ на разстояніи l центра шарика o отъ центра подшипника e ; въ нашемъ частномъ случаѣ онъ равенъ $61^{\circ} 30'$.

Изъ указанныхъ двухъ дугъ горизонтальная, изображающая ось абсциссъ (ось деформаций), есть дуга круга. При неподвижномъ динамометрѣ она получается при движеніи шарика i по горизонтальной щели h и является пересѣченіемъ шара плоскостью. Ось ординатъ (уснаій) не является дугою круга на шарѣ. Уголъ ея касательной къ оси абсциссъ, какъ видно изъ уравненія $\operatorname{tg} \gamma = \frac{\beta}{\sin \beta} \operatorname{tg} \alpha$, является съ удаленіемъ иглы отъ начала координатъ. Если принять во вниманіе, что не всѣ элементы явленія находятся въ нашемъ распоряженіи, мы увидимъ, что ось ординатъ надо начертить иглою на сферѣ, произведя дѣйствительно сильный ударъ бабой по наковальнѣ безъ помѣщенія какого бы то

ни было образца между ними. Тогда всё влияние на форму оси ординатъ сами обнаружатся.

Первая вилка m (фиг. 1) была сдѣлана не цилиндрическая и профиль m въ ней значительно отстываетъ отъ формы спирали. На фиг. 2 изображена ордината, полученная какъ выше сказано. Она криволинейна, но уголъ въ началѣ дѣйствительно составляетъ $61^{\circ}30'$ съ горизонтомъ.

На фиг. 5 показана диаграмма, полученная при паденіи бабы въ 10 килограммовъ съ высоты 3 метровъ на столбикъ красной мѣди высотой 15 мм. и діаметромъ 12 мм. Игла начала двигаться изъ начала координатъ a , прошла черезъ кульминаціонный пунктъ c (его ордината $cf = 7$ мм.) и остановилась въ d . Затѣмъ происходитъ отраженный подъемъ бабы, уже не касающейся образца. Подъемъ этотъ приводитъ иглу на мѣсто справа надѣю и происходящая въ это время продольная вертикальная колебанія газовой трубы—динамометра заставляютъ иглу возвращаться на первоначальное мѣсто по волнообразной кривой bda . При прямомъ же ходѣ acb волнообразное движеніе не замѣчается и не портитъ диаграмму, какъ это происходитъ въ приборѣ Perrot (Revue de Métallurgie, Vol. I, № 5, Mai 1904) съ оптической записью. Интересною пока только верхней вѣтвью acb кривой, я провожу ординату bc ея конца b подъ угломъ $\gamma = \alpha = 61^{\circ}30'$ къ оси абсциссъ и получаю, что площадь $acbc$ составляетъ около 98 кв. мм. Отъ указанного удара образецъ сильно нагрѣлся и укоротился на 6,3 мм., послѣ чего баба подпрыгнула на 181 мм.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

Повторенный удар съ той же высоты (фиг. 6) укоротить образец еще на 2,2 мм. Но на этотъ разъ мѣдъ была плотнѣе и наибольшая ордината усилий, которыя передались черезъ образецъ динамометру $be = 14,5$ мм., получились вдвое больше, чѣмъ cf на фиг. 5. Баба затѣмъ поднялась на 584 мм. и площадь диаграммы $abef$ составила 44 кв. мм. До сихъ поръ систематическихъ опытовъ съ этимъ приборомъ не сдѣлано и выводить заключенія изъ приведенныхъ цифръ рано. Онѣ приведены здѣсь лишь для характеристики и далеко не даютъ полной картины вопроса.

Послѣ испытанія свинцовый листокъ I снимается съ оправки k . Середина его захватывается, а края расплющиваются въ плоскость. Листокъ, сдѣлавшійся теперь плоскимъ, мы теперь можемъ вклинить въ тетрадь опытовъ.

Динамометръ будетъ въ скоромъ времени тарированъ на сжатіе и оловянный листокъ будетъ резиновымъ штензелемъ наноситься красная косоугольная криволинейная координатная сѣтка въ опредѣленномъ масштабѣ для отсчета усилий и деформаций.

При одинаковыхъ условіяхъ удара кривыя получаются тождественныя и приборъ въ томъ видѣ, въ какомъ онъ есть, прочтенъ, дастъ не капризные результаты и уже можетъ нѣсколько приподнять завѣсу теоріи удара.

Представимъ себѣ напримѣръ, что мы большой грузъ подвѣсимъ такъ, чтобъ онъ только коснулся образца, и дадимъ ему упасть и расплющить образецъ. Произведенная внѣшняя работа паденія вызоветъ внутреннюю, которую охарактеризуетъ диаграмма. Затѣмъ представимъ себѣ, что мы все меньше и меньше грузы будемъ ронять на образцы, тождественные съ первымъ, съ высотъ все большихъ и большихъ, съ такимъ расчетомъ, чтобъ высота паденія, умноженная на вѣсъ бабы, иначе говоря внѣшняя работа, была первоначальная. Мы получимъ рядъ диаграммъ соответственной внутренней работы образцовъ, воспринявшихъ внѣшнюю работу при постепенномъ переходѣ отъ статической нагрузки къ самому сухому удару.

Идя навстрѣчу требованіямъ практики, а теперь пере-

страиваю приборъ и приспособливаю его къ излому надрѣзанныхъ образцовъ бабок, падающей съ большихъ высотъ, чтобы изслѣдовать „элементарную хрупкость“ различныхъ сортовъ стали. Въ статьѣ André Le Châtelier „Influence du temps et de la température sur les métaux“ 1900 и вообще въ статьяхъ того же автора, а также Barba, Godron и Anscher (1897), Osmond, Frément и Chagry, собранныхъ въ 1904 году въ книгѣ „Contribution à l'étude de la fragilité dans les fers et les aciers“, центральный приемъ изслѣдованія заключается въ изломѣ надрѣзанныхъ образцовъ (идея Barba), при которомъ единственно обнаруживаются „la fragilité élémentaire“ и неоднородность стали, предназначенной выносить удары, и разгадываются причины большинства непредвидѣнныхъ поломокъ.

Въ числѣ вводимыхъ усовершенствованій я дѣлаю попытки включить и измѣреніе времени, въ теченіе котораго происходитъ вычерчиваніе различныхъ фазисовъ диаграммы. Къ сожалѣнію никакіе камертоны не въ состояніи тутъ дать что нибудь и приходится обращаться къ другимъ измѣрителямъ времени.

Размѣръ диаграммъ я увеличиваю вдвое, такъ чтобы показанія динамометра удесятаялись. Тѣ изъ диаграммъ, которыя заслужаютъ особаго вниманія, проведенія касательныхъ къ различнымъ точкамъ, опредѣленія площади диаграммы и т. п., можно увеличить фотографически линейно хоть въ 10 разъ.

До сихъ поръ я не встрѣчалъ необходимости уменьшить массу динамометра, его волны появляются послѣ начертанія диаграммы. Но въ случаѣ надобности можно довести массу динамометра до минимума, взявъ резиновый буферъ вмѣсто трубы, которая теперь дѣлается стальная тонкостѣнная съ утолщенными концами.

Приношу искреннюю благодарность мастеру Я. Усачеву, который много ума положилъ при исполненіи прибора.

Ноябрь, 1905. Сосновка. С. П. Б.