

Вообще, я полагаю, что приборы Тено, по своей рациональной идее, окажутся полезными для дѣла.

Горный журнал 1888, т. 2, № 6, с. 377-397
и 293-303

О ХРУПКОСТИ ТРАВЛЕННОГО ЖЕЛѢЗА.

Проф. А. Ледебура ¹⁾).

Кому приходилось на практикѣ подвергать желѣзо дѣйствию разбавленныхъ кислотъ, напр. въ волочильныхъ заводахъ производить травленіе, или „квашеніе“ проволоки для удаленія окалины — тотъ, вѣроятно, знаетъ, что это травленіе вызываетъ замѣтное измѣненіе въ прочности желѣза; оно становится хрупкимъ, ломкимъ.

Вообще же, на это явленіе до сихъ поръ было обращено очень мало вниманія. Ни въ одномъ руководствѣ или учебникѣ по металлургіи о немъ не упоминается; даже въ двухъ новѣйшихъ руководствахъ по приготовленію проволоки въ нѣмецкой литературѣ (Jaring и Fehland) ни однимъ словомъ не упомянуто о странномъ вліяніи травленія на желѣзо, почему и нужно заключить, что оно не было извѣстно авторамъ ²⁾).

Въ 1880 году профессоръ Hughes, передъ собраніемъ англійскихъ инженеровъ по телеграфіи, говорилъ рѣчь о молекулярныхъ измѣненіяхъ желѣза; рѣчь эта была напечатана въ „Engineering“ а потомъ и въ Scientific American, vol. 42, pag. 362, и заключала главнѣйше слѣдующее:

Профессоръ Hughes, говорившій, повидимому, еще раньше объ этомъ вопросѣ, дальнѣйшими опытами доказалъ, что причину хрупкости, вызываемой въ желѣзѣ травленіемъ, не слѣдуетъ искать въ случайныхъ порокахъ желѣза; напротивъ на всѣхъ сортахъ желѣза и стали, подвергаемыхъ дѣйствию кислотъ, обнаруживается то же явленіе; равнымъ образомъ для обнаруженія хрупкости не требуется, чтобы отношеніе сѣрной или другой кислоты къ водѣ было какое нибудь опредѣленное. По изысканіямъ Hughes никакой другой металлъ, между прочимъ ни мѣдь, ни бронза, не обнаруживаютъ такого явленія. Причину этой хрупкости Hughes приписываетъ дѣйствию водорода, поглощеннаго желѣзомъ. Проволока, погруженная въ сильно разбавленную кислоту, черезъ 30 минутъ оказывалась совершенно хрупкой, но достаточно было двухъ — трехъ минутъ для достиженія того-же дѣйствія, когда въ жидкость опускали вмѣстѣ съ проволокой амальгамированную цин-

¹⁾ Ueber die Beizbrüchigkeit des Eisens, von A. Ledebur. „Stahl und Eisen“ 1887, № 10. Переводъ Горн. Инж. фонъ Лезедова.

²⁾ Въ русской книгѣ технолога В. Кляббе „Производство проволоки и проволочнаго желѣза“, на стр. 99, пространно говорится о вліяніи травленія на желѣзо, причемъ прямо указано, что желѣзо становится тѣмъ хрупче, чѣмъ дольше длится процессъ травленія.

ковую пластинку и соединяли ихъ такъ, чтобы получился гальванический токъ; этимъ вызывалось сильное выдѣленіе водорода на поверхности проволоки. Въ этомъ случаѣ желѣзо защищалось отъ разъѣдающаго дѣйствія кислоты электроположительнымъ цинкомъ, такъ что нѣтъ никакого основанія предполагать, что хрупкость проволоки могла быть вызвана разъѣданіемъ, кислоты. Даже нѣтъ надобности, чтобы цинкъ былъ погруженъ въ тотъ же сосудъ, въ которомъ находится желѣзо; если токъ отъ гальванической батареи направить по двумъ желѣзнымъ проволокамъ, опущеннымъ въ разбавленную сѣрную кислоту и служащимъ электродами, то обѣ проволоки становятся хрупкими, но въ очень различной степени: проволока, соединенная съ отрицательнымъ полюсомъ, получаетъ чистую, блестящую поверхность и становится очень хрупкой, другая же проволока, соединенная съ положительнымъ полюсомъ, оказывается разъѣденной кислотою, а хрупка только въ слабой степени. Даже при замѣнѣ сѣрной кислоты растворомъ солей, или даже простою водою, получался тотъ же результатъ отъ дѣйствія электрическаго тока, причемъ время, потребное для появленія хрупкости проволоки, зависѣло отъ электропроводности употреблявшихся жидкостей. Профессоръ Hughes того мнѣнія, что только водородъ „in statu nascendi“ можетъ соединиться съ желѣзомъ и вызвать подобныя явленія, такъ какъ не обнаруживалось никакого вліянія въ томъ случаѣ, когда помѣщали проволоку въ атмосферу изъ водорода или изъ углеводорода. Водородъ же въ состояніи рожденія постепенно проникаетъ массу желѣза вглубь, чѣмъ и объясняется, что для обнаруженія хрупкости въ болѣе толстыхъ стержняхъ требуется больше времени, чѣмъ въ тонкихъ. Но когда отъ толстаго прута, подвергнутаго дѣйствію кислоты, напильникомъ снимали значительный слой, то и на тонкомъ стержнѣ обнаружилась та же хрупкость металла. Если проволока уже совершенно насыщена водородомъ, то она, по наблюденіямъ Hughes, навсегда остается хрупкой ¹⁾; но если такую проволоку нагрѣть до вишнево-краснаго цвѣта, то прежняя вязкость металла восстанавливается, — водородъ, повидимому, выдѣляется.

На основаніи этихъ сообщеній профессоръ металлургіи въ Лондонской Горной Школѣ Chandler Roberts высказалъ мнѣніе, что желѣзная проволока, опущенная въ разбавленную сѣрную кислоту, напоминаетъ свойство палладія, который, по проф. Graham, можетъ поглощать водородъ въ объемѣ, въ 900 разъ большемъ своего собственнаго объема, причемъ онъ самъ на 20% увеличивается въ объемѣ. Roberts накаливалъ въ безвоздушномъ пространствѣ хрупкія травленныя проволоки, испытанныя Hughes'омъ, при этомъ оказалось, что проволоки при накаливаніи выдѣлили поглощенный раньше водородъ въ объемѣ, въ 20 разъ большемъ своего объема, кромѣ тѣхъ 3—10 объемовъ газа, который заключался въ желѣзѣ до травленія ²⁾. Поэтому про-

¹⁾ Это не подтверждается наблюденіями, сообщаемыми далѣе.

²⁾ 20 объемовъ водороднаго газа сравнительно съ желѣзомъ въ процентномъ отношеніи

фессоръ Roberts считаетъ несомнѣннымъ, что причину хрупкости травленыхъ проволокъ нужно искать въ поглощеніи водорода. Было еще упомянуто о томъ, что увеличеніе хрупкости не соответствуетъ уменьшенію модуля сопротивленія разрыву.

Въ Ахенскомъ собраніи инженеровъ, 5-го января сего года, по поводу сообщенія о приготовленіи пружинъ, г. Dittmar сказалъ слѣдующее ¹⁾: „Изъ этихъ наблюденій оказалось, что натяженія, образующіяся въ стальной проволоцѣ отъ повтореннаго волоченія и дѣлающія проволоку негодною къ дальнѣйшей обработкѣ, значительно уменьшаются отъ продолжительнаго лежанія, такъ что дальнѣйшая переработка въ пружины опять становится возможной. Такое же явленіе обнаруживаетъ вальцованная проволока, если ее тотчасъ послѣ травленія подвергать волоченію: она становится хрупкой и ломкой; если же ей дать достаточно времени отлежаться, то она тянется хорошо. Въ этомъ случаѣ проволока отъ обработки разбавленной сѣрной кислотой получила натяженія, которыя также въ нѣкоторой степени уничтожаются послѣ долгаго лежанія проволоки“.

Вотъ и все, что мнѣ встрѣтилось въ литературѣ относительно разсма- триваемаго вопроса. Между тѣмъ вопросъ этотъ заслуживаетъ дальнѣйшихъ изслѣдованій. Уже нѣсколько лѣтъ тому назадъ одинъ извѣстный заводчикъ просилъ меня способствовать къ разъясненію его. Наконецъ поломки нѣко- торыхъ желѣзныхъ вещей, о которыхъ мнѣ стало извѣстно, и которыя можно было объяснить только хрупкостью, причиненной предшествовавшимъ трав- леніемъ, заставили меня обратиться на путь опытовъ, результаты которыхъ я сообщаю въ нижеслѣдующемъ.

а) Испытаніе проволокъ на сопротивленіе разрыву, на удлиненіе и на сгибъ.

Травленіе проволокъ при всѣхъ опытахъ производилось опусканіемъ ихъ въ глиняный сосудъ, въ который наливали до 20 литровъ жидкости. Послѣ травленія проволоки хорошо споласкивались водой, помѣщались на нѣкоторое время въ известковую воду, затѣмъ опять споласкивались водой и сушились опилками. Съ умысломъ не нагревали проволоку для скорѣйшаго высу- шиванія.

Для испытаній на сгибъ служило приспособленіе, состоявшее изъ двухъ стальныхъ вкладышей съ закругленными кромками; между этими вкладышами испытываемая проволока однимъ концомъ защемлялась помощью тисковъ а для

вѣса составляютъ 0,023%. Такъ какъ водородъ, поглощенный твердымъ желѣзомъ и вліяющій на качества этого желѣза, уже не есть газъ, а соединился съ желѣзомъ съ переходомъ въ твердый видъ (также, какъ пары цинка соединяются съ раскаленной мѣдью, пары сѣры съ раскаленнымъ желѣзомъ), то правильнѣе брать вѣсовые отношенія тѣмъ.

) Zeitschrift der Vereine deutscher Ingenieure 1887, стр. 331.

стибанія служилъ рычагъ ¹⁾). Проволоку загибали подъ прямымъ угломъ попеременно въ ту и другую сторону, приводя ее каждый разъ въ прежнее вертикальное положеніе.

Такъ какъ испытуемая проволока бралась изъ стараго проволочнаго каната, то, для полученія согласныхъ результатовъ, проволоку въ 1,5 м. длинной перерубали пополамъ и испытывали одну половину въ нетравленномъ видѣ, другую же половину предварительно погружали въ разбавленную кислоту и затѣмъ подвергали тѣмъ же испытаніямъ.

Въ нижеслѣдующихъ таблицахъ одинаковые №№ проволокъ означаютъ проволоки одного діаметра и изъ одной и той же общей проволоки.

1-й опытъ. Проволоки, не очищенные отъ сора и сала, были погружены на 24 часа въ воду, подкисленную сѣрной кислотой въ пропорціи 1:100.

Испытаніе было произведено черезъ три дня, послѣ вынутія изъ воды.

№№ прово- локъ.	Діаметръ проволоки. <i>мм.</i>	Нагрузка.		Сопрот. разрыву.		Оконч. удлинение.		Число сгибовъ.	
		нетравл.	травл.	нет вл.	травл.	нетравл.	травл.	нетравл.	травлен.
		<i>kg.</i>		<i>kg.</i>		<i>mm.</i>			
1	2,60	335,0	326,0	63,2	61,5	5,0	2,0	6	6
2	3,44	533,0	502,5	57,3	54,0	3,0	2,0	5	6
3	3,55	663,5	668,0	67,0	67,4	3,0	3,0	5	5
4	3,55	555,0	553,0	56,1	55,9	5,0	5,0	5	5
5	2,55	319,0	323,0	62,5	63,3	4,0	3,0	10	11
6	2,00	434,0	444,0	138,2	141,4	3,0	2,0	16	15
7	1,65	267,0	201,0	127,1	129,0	2,0	1,0	20	9
8	1,95	548,0	350,0	116,0	116,6	3,0	4,0	15	7
среднее	—	431,8	429,7	85,9	86,1	3,5	2,8	10,2	8,0

Приводимыя удлиненія во всѣхъ опытахъ отнесены къ первоначальной длинѣ въ 100 мм. Какъ видно будетъ изъ дальнѣйшихъ опытовъ, особенно изъ № 8, вызванная въ проволоку травленіемъ хрупкость уменьшается при продолжительномъ лежаніи проволоки послѣ травленія.

2-й опытъ. Проволоки были предварительно очищены отъ сала эфиромъ и затѣмъ погружены на 23 часа въ болѣе крѣпкую кислоту (1 : 40). Вскорѣ послѣ этого ихъ подвергли испытанію. Результаты получились слѣдующіе:

¹⁾ Приборчикъ этотъ изображенъ въ Preussische Zeitschrift für Berg-Hütten-und Salinenwesen 1886, табл. XVIII, фиг. 7. Въ Горномъ Журналѣ—Май, 1886 года, въ статьѣ проф. И. Тиме.

О ХРУПКОСТИ ТРАВЛЕНАГО ЖЕЛѢЗА.

№ прово- локъ.	Діаметръ проволоки <i>mm.</i>	Нагрузка.		Сопротивленіе разрыву.		Окончателное удлиненіе.		Число сгибовъ.	
		нетравл. <i>kg.</i>	травл.	нетравл. <i>kg.</i>	травл.	нетравл. <i>mm.</i>	травл.	нетр.	травл.
1	2,60	374,0	385,0	70,5	76,6	3,0	3,0	7	1
2	3,45	638,0	638,0	68,6	68,6	3,0	2,0	5	1
3	3,55	620,0	630,0	62,0	63,6	3,0	2,0	5	1
4	3,33	532,0	535,0	53,7	54,0	2,0	2,0	4	1
5	2,55	200,0	221,0	39,2	43,3	8,0	7,0	5	2
6	2,00	411,0	404,0	130,8	128,6	3,0	3,0	14	11
7	1,65	230,0	232,0	113,8	134,3	2,0	1,0	7	7
8	1,95	430,0	421,0	143,3	140,3	3,0	2,0	12	3
среднее	—	439,5	439,5	85,2	88,2	3,4	2,7	2,7	3,4

3-й опытъ. Чтобы предохранить проволоки отъ развѣданія кислотой, одинъ конецъ каждой проволоки заливали цинкомъ въ $\frac{1}{2}$ kg. вѣсомъ; затѣмъ продержали ихъ въ теченіи трехъ часовъ въ сѣрной кислотѣ той же крѣ-
пости, какъ и при второмъ опытѣ. Немедленно послѣ погруженія въ кислоту, на всей поверхности проволоки обнаруживалось сильное образованіе водо-
рода; вынутыя проволоки имѣли блестящую поверхность и совсѣмъ не были
развѣдены кислотой. Кстати замѣчу, что при всѣхъ дальнѣйшихъ опытахъ,
въ которыхъ концы проволокъ заливались цинкомъ, проволоки выходили изъ
кислоты съ чистою поверхностью. Тѣмъ не менѣ результаты всѣхъ опытовъ
показываютъ, согласно выводамъ Hughes, что при соприкосновеніи желѣза
съ цинкомъ хрупкость желѣза увеличивается скорѣе, чѣмъ при простомъ
дѣйствіи кислоты на желѣзо.

Залитыя цинкомъ, травленныя въ теченіи 3-хъ часовъ проволоки были
подвергнуты испытанію немедленно, послѣ вынутія ихъ изъ кислоты.

№ прово- локъ.	Діаметръ проволоки <i>mm.</i>	Нагрузка.		Сопротивленіе разрыву.		Окончателное удлиненіе.		Число сгибовъ.	
		нетравл. <i>kg.</i>	травл.	нетравл. <i>kg.</i>	травл.	нетравл. <i>mm.</i>	травл.	нетравл.	травл.
1	2,60	260,0	257,0	49,0	48,5	2,6	1,0	5	2
2	3,45	632,0	632,0	67,9	67,9	4,0	3,0	6	1,5
3	3,55	629,0	600,0	63,5	60,6	2,0	2,0	6	1,5
4	3,55	330,0	326,0	33,3	32,9	2,0	2,0	8	2
5	2,55	386,0	392,0	75,7	76,8	5,0	5,0	12	3
6	2,00	430,0	436,0	136,9	138,5	3,0	3,0	11	5
7	1,65	197,0	190,0	94,3	90,5	1,0	1,0	20	11
8	1,15	430,0	426,0	143,3	142,0	1,0	1,0	12	5
среднее	—	411,8	407,4	83,1	82,2	2,2	2,2	10	3,9

4-й опытъ. Въ этомъ случаѣ оставили тѣ же условія, какъ въ третьемъ опытѣ; только испытанія проволокъ произвели по прошествіи четырехъ дней послѣ травленія. Результаты получились слѣдующіе:

№№ прово- локъ.	Диаметръ проволоки мм.	Нагрузка.		Сопротивленіе раз- рыву на кв. мм.		Оконч. удлинненіе.		Число сгибовъ.	
		нетравл.	травл.	нетравл.	травл.	нетравл.	травл.	нетра- влен.	травл.
		kg.		kg.		мм.			
1	2,60	294,0	289,0	55,4	54,5	3,0	2,0	9	3
2	3,45	638,0	640,0	68,6	68,6	3,0	3,0	6	5
3	3,55	457,0	465,0	46,3	46,9	2,0	1,0	2	2
4	3,55	632,0	632,0	63,8	63,8	3,0	2,0	5	1
5	2,55	390,0	397,0	76,4	77,8	5,0	2,0	9	3
6	2,00	270,0	267,0	85,9	85,0	3,0	4,0	20	17
7	1,65	226,0	306,0	107,6	145,7	2,0	2,0	20	19
8	1,95	420,0	428,0	140,0	142,6	3,0	2,0	10	8
среднее	—	415,9	428,0	80,5	85,6	3,0	2,2	10,1	7,2

Среднее изъ сгибовъ, которые выдерживаютъ травленныя проволоки, здѣсь—послѣ четырехдневнаго промежутка—почти вдвое больше, чѣмъ при немедленномъ испытаніи послѣ травленія; удлинненіе въ обоихъ случаяхъ одно и то же, а отношеніе этихъ удлинненій къ удлинненіямъ нетравленыхъ проволокъ, еще болѣе неблагоприятное въ проволокахъ, испытанныхъ послѣ четырехдневнаго промежутка, чѣмъ въ тѣхъ которыя были испытаны сейчасъ послѣ травленія. Разныя случайности, вліяющія на результаты механическихъ испытаній отдѣльныхъ проволокъ, затемняютъ ясность этихъ таблицъ, но уже яснѣе получается картина вліянія травленія, если среднее изъ всѣхъ четырехъ опытовъ для каждаго номера испытанныхъ проволокъ вывести отдѣльно. Такая таблица показываетъ, что сопротивленіе разрыву проволокъ травленыхъ не только не уменьшилось, но даже нѣсколько увеличилось; между тѣмъ удлинненіе уменьшилось на 15%, а число сгибовъ или сгибаемость на 39,0 %. Проволоки сдѣлались хрупче.

№№ прово- локъ.	Диаметръ проволоки мм.	Нагрузка.		Сопротивленіе раз- рыву на кв. мм.		Оконч. удлинненіе.		Число гибовъ.	
		нетравл.	травл.	нетравл.	травл.	нетравл.	травл.	нетр.	травл.
		kg.		kg.		мм.			
1	2,60	315,8	316,8	59,5	59,7	3,25	2,00	6,75	3,00
2	3,45	610,2	603,8	65,6	64,9	3,25	2,50	6,50	3,38
3	3,55	592,4	590,8	59,8	59,6	2,50	2,00	4,50	2,40
4	3,55	512,3	511,5	51,7	52,6	3,00	2,75	4,75	2,50
5	2,55	323,8	333,3	63,5	65,3	4,50	4,25	9,00	5,75
6	2,00	386,2	387,8	122,9	123,5	3,00	3,00	15,25	12,00
7	1,65	232,2	267,2	110,4	127,2	1,75	1,35	16,75	11,50
9	1,95	407,0	406,2	135,6	135,4	2,50	2,25	12,25	5,75
среднее	—	422,5	427,2	83,6	86,1	2,97	2,52	9,48	5,78

5-й опытъ. Чтобы опредѣлить, нельзя ли хрупкость, приобретенную проволокой травленіемъ, уничтожить послѣдующимъ отжигомъ, подвергнули проволоки (при прочихъ равныхъ условіяхъ, какъ и въ опытахъ №№ 3 и 4) четырехчасовому дѣйствию кислоты, а затѣмъ вмѣстѣ съ нетравленными проволоками нагрѣвали 15 минутъ до вишнево-краснаго цвѣта въ стеклянной трубкѣ, черезъ которую пропускали медленную струю газовъ, состоявшихъ, для избѣжанія окисленія, главнымъ образомъ изъ азота и окиси углерода ¹⁾

№№ прово- локъ.	Діаметръ проволоки мм.	Нагрузка.		Сопрот. разрыву на кв. мм.		Окончат. удлин.		Число сгибовъ.	
		нетравл. кг.	травл.	кетравл. кг.	травл.	нетравл. мм.	травл.	петр.	травл.
1	2,60	120,0	185,0	22,6	34,9	11,0	12,0	12	10
2	3,45	401,0	400,0	43,1	43,0	25,0	20,0	10	10
3	3,55	411,0	414,0	41,5	41,8	21,0	25,0	7	10
4	3,55	400,0	399,0	40,4	40,3	16,0	17,0	14	7
5	2,55	224,0	223,0	43,9	43,7	28,0	27,0	12	15
6	2,00	116,0	119,0	36,9	37,9	17,0	16,0	28	27
7	1,65	118,0	113,0	56,2	53,8	14,0	10,0	29	24
8	1,95	177,0	191,0	59,0	63,7	9,0	8,0	18	14
среднее	—	245,9	255,5	42,9	44,9	17,9	16,9	16,2	10,6

Удлиненіе проволокъ нетравленыхъ здѣсь только на 5,9%, а число сгибовъ на 9,8% болѣе травленыхъ. Слѣдовательно, отжигъ значительно уменьшилъ хрупкость; едва ли подлежитъ сомнѣнію, что при болѣе продолжительномъ отжигѣ, числа, выражающія удлиненіе и число сгибовъ проволокъ травленыхъ, совершенно сравнялись бы съ тѣми же числами нетравленыхъ проволокъ.

Также вѣроятно и то, что при испытаніи проволоки № 1 нетравленной, какая нибудь случайность повліяла на пониженіе сопротивленія разрыву, что, въ свою очередь, повліяло на среднюю цифру сопротивленій всѣхъ 8-ми нетравленыхъ проволокъ. Если же исключить результаты испытаній проволоки № 1, то получится средній модуль сопротивленія разрыву для проволокъ травленыхъ=45,8 kg., а для нетравленыхъ=46,3 kg.

Для дальнѣйшихъ опытовъ начали употреблять проволоку, не бывшую еще въ употребленіи, такъ что было основаніе предположить, что всѣ механическія испытанія, взятая отъ одного и того же бунта, должны, при прочихъ равныхъ условіяхъ, дать одинаковыя цифры для сопротивленій и удлиненій. Вслѣдствіе этого, нѣсколькими испытаніями, давшими очень со-

¹⁾ Получали газъ, пропуская воздухъ черезъ слой раскаленнаго древеснаго угля.

гласные результаты, были опредѣлены, сопротивление разрыву, окончательное удлиненіе и число сгибовъ; среднее чисель, полученныхъ отъ этихъ испытаній, и помѣщено, для наглядности, во всѣхъ послѣдующихъ таблицахъ рядомъ съ числами, полученными при испытаніи соответственныхъ травленныхъ проволокъ.

Нижеслѣдующіе сорта проволокъ подвергнуты испытаніямъ:

	С.	Si.	P.	Mn.
№ 1, изъ кричнаго желѣза неотожженный	не опр.	—	0,08	—
№ 2, „ мягкаго литого желѣза	0,06	0,08	0,16	0,18
№ 3, „ полумягкаго „ „	0,27	0,15	0,11	0,49
№ 4, „ пудлинговаго желѣза, отоженный	не опр.	—	0,07	—
№ 5, „ „ „ полумягкаго „ „	—	—	0,20	—
№ 6, „ патентованной стали литой, неотож.	0,43	0,01	0,03	0,25
№ 7, „ „ „ „ полумягк.	0,51	0,01	не опр.	0,20
№ 8, „ особен. вязкая стал. провол. 1-го сор.	0,38	0,02	0,02	0,20

Означенные №№ проволокъ тѣ же, что приведены и въ нижеслѣдующихъ таблицахъ. Всѣ сорта проволокъ предназначались для проволочныхъ канатовъ.

6-ой опытъ. Проволоки, какъ и прежде, обливались цинкомъ и затѣмъ погружались на 10 часовъ въ разбавленную сѣрную кислоту, какъ то дѣлалось уже въ предыдущихъ опытахъ. Испытанія производились непосредственно послѣ вынутія проволокъ изъ кислоты. Результаты показаны въ сравнительной таблицѣ этого и слѣдующаго опыта.

7-ой опытъ. Практика указываетъ, что хрупкость проволокъ, пріобрѣтенная травленіемъ, вновь исчезаетъ послѣ продолжительнаго лежанія; между тѣмъ въ прежнихъ опытахъ (въ 3 и 4) это не подтвердилось по отношенію къ окончательному удлиненію, и только относительно числа сгибовъ оно оказалось вѣрнымъ. Такое разногласіе съ указаніями практики можно было при прежнихъ опытахъ объяснить, частью тѣми случайностями, которыя могли произойти вслѣдствіе того, что на опыты была употреблена старая проволока, и которыя могли сильно вліять на результаты отдѣльныхъ испытаній, частью же тѣмъ, что четырехдневнаго лежанія проволоки послѣ травленія было вѣроятно слишкомъ недостаточно для того, чтобы проволока успѣла принять первоначальную гибкость. Вслѣдствіе этого всѣ №№ новой проволоки были подвергнуты травленію при такихъ же условіяхъ, какъ въ 6-омъ опытѣ, съ тою только разницей, что травленные проволоки пролежали въ теченіи четырехъ недѣль въ совершенно сухомъ мѣстѣ (въ герметически закрытомъ свинцовомъ сосудѣ, дно котораго было покрыто кусками хлорной извести). Затѣмъ уже проволоки были подвергнуты испытаніямъ, результаты которыхъ, сравнительно съ испытаніями 6-го опыта, изображены въ нижеслѣдующей таблицѣ, которая ясно показываетъ, что продолжительное лежаніе проволокъ не осталось безъ замѣтнаго вліянія на ея способность сгибанія. Сгибаемость эта, при немедленномъ испытаніи проволоки послѣ травленія

упала въ среднемъ на 76,3 %, а при испытаніи послѣ четырехнедѣльнаго лежанія уменьшалась въ среднемъ всего на 17,5 %. То же самое можно прослѣдить при сравненіи числовыхъ данныхъ испытанія каждой отдѣльной проволоки. Можно предположить, что при болѣе продолжительномъ лежаніи травленыхъ проволокъ, онѣ пріобрѣли бы опять всю свою первоначальную гибкость. Замѣчательно, что и при этихъ опытахъ продолжительное лежаніе не оказало никакого вліянія на уменьшенное окончательное удлиненіе: на большей части проволокъ обнаружилось еще дальнѣйшее уменьшеніе этого удлиненія.

№ проволоки.	Диаметръ проволоки mm.	Нагрузка.			Сопротивл. разрыву на кв. мм.			Окончательное удлиненіе.			Число сгибовъ.		
		Нетр.	Травлен. черезъ 4 нед.		Нетр.	Травлен. черезъ 4 нед.		Нетр.	Травлен. черезъ 4 нед.		Нетр.	Травлен. черезъ 4 нед.	
			тотч.	kg.		тотч.	kg.		тотч.	mm.		тотч.	kg.
1	3,5	577,0	578,0	573,0	60,0	60,1	59,5	3,0	4,0	2,0	5,5	1	2
2	3,1	368,0	367,0	282,0	48,8	52,6	37,4	7,0	2,0	12,0	4,5	1	5
3	3,1	531,5	521,0	505,0	70,5	69,1	66,9	3,0	4,0	2,0	7,5	1	8
4	2,0	160,0	165,0	163,0	50,9	52,5	51,9	21,5	19,0	12,0	13,5	3	13
5	2,2	245,0	244,0	230,0	64,5	64,2	60,5	2,5	2,0	3,0	7,0	4	6
6	2,2	495,5	444,0	496,0	130,2	116,8	130,5	2,5	2,0	3,0	14,0	5	13
7	2,0	449,0	456,0	451,0	141,4	145,2	143,6	2,0	3,0	2,0	17,0	5	18
8	2,0	297,0	290,0	287,0	91,6	92,6	91,6	0,0	8,0	5,0	22,5	4	10
Сред.	—	389,1	386,9	373,4	82,2	81,6	80,2	6,3	5,5	5,0	11,4	2,7	9,4

8-ой опытъ. Чтобы опредѣлить вліяніе очень слабыхъ кислотъ, при достаточно продолжительномъ дѣйствіи, употребили смѣсь изъ одной части англійской сѣрной кислоты и 200 частей воды. Проволоки погружали въ эту смѣсь на 96 часовъ, не заливая ихъ предварительно цинкомъ. При вынутіи ихъ оттуда, поверхность ихъ оказалась разѣденной кислотой, но не въ сильной степени. Результаты испытаній слѣдующіе:

№ прово- локъ.	Диаметръ проволоки <i>mm.</i>	Нагрузка.		Сопротивленіе разрыву.		Окончательное удлиненіе.		Число сгибовъ.	
		нетравл.	травл.	нетравл.	травл.	нетравл.	травл.	нетравл.	травл.
		<i>kg.</i>		<i>kg.</i>		<i>mm.</i>			
1	3,5	577,0	553,0	60,0	57,4	3,0	2,0	5,5	1
2	3,1	368,0	355,0	48,0	47,8	7,0	3,0	4,5	0,5
3	3,1	531,5	454,0	70,5	60,2	3,0	11,0	7,5	2
4	2,0	160,0	190,0	50,9	60,5	21,5	9,0	13,5	6
5	2,2	245,0	165,0	64,5	43,4	2,5	2,0	7,0	3
6	2,2	095,5	484,0	130,2	127,3	2,5	1,5	14,0	3,5
7	2,0	449,0	438,0	141,4	139,5	2,0	1,0	17,0	5
8	2,0	287,0	275,0	91,6	87,5	9,0	17,0	22,5	3
среднее	—	389,1	364,2	82,2	74,9	6,3	5,8	11,4	3,0

И при этомъ опытѣ удлиненіе и сгибаемость проволоки значительно уменьшились; но вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшилась замѣтнымъ образомъ и прочность, чего не замѣчалось въ тѣхъ опытахъ, гдѣ проволоку приводили въ соприкосновеніе съ цинкомъ. Объясняется это тѣмъ, что и самый діаметръ проволоки сдѣлался тоньше отъ разъѣдающаго дѣйствія кислоты.

9-ый опытъ. Если проволока становится хрупкой, теряя способность сгибанія отъ дѣйствія слабыхъ кислотъ, какъ это достаточно видно изъ предыдущихъ опытовъ, то тоже ухудшеніе качествъ ея должно послѣдовать при продолжительномъ дѣйствіи на нее кислотныхъ водъ подземныхъ выработокъ. Такой случай можетъ часто встрѣчаться при работѣ рудничныхъ проволочныхъ канатовъ. Смола и сало, которыми пропитаны такіе канаты, защищая ихъ отъ вышнихъ вліяній, всетаки не могутъ устранить вліяніе рудничныхъ водъ, которыя мочатъ канаты цѣлые мѣсяцы и годы. Такимъ образомъ не подлежитъ сомнѣнію, что здѣсь, черезъ болѣе или менѣе продолжительный промежутокъ времени, эта вода въ качествахъ проволоки должна вызвать такія же измѣненія, какія вызываются непосредственнымъ, но не продолжительнымъ погруженіемъ проволоки въ кислоту при опытахъ. Несомнѣнно, что подобное уменьшеніе гибкости въ такихъ проволочныхъ канатахъ заслуживаетъ особаго вниманія, такъ какъ при навивкѣ на барабанъ и развивкѣ съ онаго канаты постоянно подвергаются изгибанію.

Поэтому я счелъ нужнымъ произвести нѣсколько непосредственныхъ опытовъ, для опредѣленія вліянія кислотныхъ рудничныхъ водъ на канатныя проволоки. Вода, взятая съ одного Фрейбергскаго рудника, имѣла бурый цвѣтъ, удѣльный вѣсъ=1,05; при употребленіи лакмусовой бумажки давала кислую реакцію и осаждала при стояніи на воздухѣ значительное количество мышьяковистыхъ солей желѣза. Анализомъ опредѣлены значительныя количества сѣрной кислоты (частью въ свободномъ видѣ, частью въ видѣ солей), желѣза, мышьяка, цинка и др.

Проволоки, такія же, какъ при предыдущихъ опытахъ, въ теченіи семидесяти двухъ часовъ были подвержены дѣйствію этой воды. При вынутіи онѣ были покрыты толстымъ слоемъ осѣвшихъ солей, а поверхность ихъ была сильно разъѣдена кислотой.

Испытанія дали такіе результаты:

Уменьшеніе удлиненія и сгибаемости здѣсь не менѣе значительное, чѣмъ въ предыдущихъ опытахъ; очень замѣтное уменьшеніе сопротивленія разрыву можно объяснить тѣмъ, что проволоки были разъѣдены кислотой ¹⁾.

10-ый опытъ. Предыдущій опытъ былъ повторенъ, но проволоки пролежали въ той же жидкости всего 23 часа. Онѣ оказались опять покрытыми слоемъ солей, но поверхность ихъ была менѣе разъѣдена.

¹⁾ Числа, выражающія сопротивленія разрыву травленныхъ проволокъ, при всѣхъ опытахъ отнесены къ ихъ первоначальному поперечному сѣченію, такъ какъ опредѣленіе этихъ сѣченій послѣ травленія оказывалось невозможнымъ, вслѣдствіе крайне неправильной поверхности.

№№ прово- локи.	Диаметръ проволоки. <i>мм.</i>	Нагрузка.		сопротивленіе раз- рыву на кв. <i>мм.</i>		Оконч. удлинненіе.		Число сгибовъ.	
		нетравл.	травл.	нетравл.	травл.	нетравл.	травл.	нетравл.	травл.
		<i>кг.</i>		<i>кг.</i>		<i>мм.</i>			
1	3,5	577,0	435,0	60,0	45,2	3,0	2,0	5,5	5
2	3,1	368,0	277,0	48,8	36,7	7,0	7,0	4,5	5
3	3,1	531,5	422,0	70,5	55,9	3,0	3,0	7,5	5,5
4	2,0	160,0	130,0	50,9	41,4	21,5	1,0	13,5	6
5	2,2	245,0	95,0	64,5	25,0	2,5	9,0	7,0	11
6	2,2	495,5	279,0	130,2	34,2	2,5	1,5	14,0	5
7	2,0	449,0	229,0	141,4	72,9	2,0	2,0	17,0	6
8	2,0	287,0	155,0	91,6	49,3	9,0	2,0	22,5	5
среднее	—	389,1	252,5	82,2	45,1	6,3	3,4	11,4	6,1

Хрупкость увеличилась почти въ одинаковой мѣрѣ, какъ и въ предыдущемъ опытѣ, за то уменьшеніе сопротивленія разрыву не такъ замѣтно.

№№ прово- локи.	Диаметръ проволоки. <i>мм.</i>	Нагрузка.		Сопротивленіе раз- рыву.		Оконч. удлинненіе.		Число сгибовъ.	
		нетравл.	травл.	нетравл.	травл.	нетравл.	травл.	нетравл.	травл.
		<i>кг.</i>		<i>кг.</i>		<i>мм.</i>			
1	3,5	577,0	510,0	60,0	53,0	3,0	1,0	5,5	6,0
2	3,1	368,0	337,0	48,8	44,7	7,0	7,0	4,5	3,0
3	3,1	531,5	475,0	70,5	63,0	3,0	3,0	7,5	5,0
4	2,0	160,0	134,0	50,9	42,6	21,5	11,0	13,5	9,0
5	2,2	245,0	189,0	64,5	49,7	2,5	2,0	7,0	8,0
6	2,2	495,5	410,0	130,2	107,9	2,5	3,0	14,0	11,0
7	2,0	449,0	339,0	141,4	107,9	2,0	2,0	17,0	7,0
8	2,0	287,0	240,0	91,6	76,4	9,0	4,0	22,5	11,0
среднее	—	389,1	329,2	82,2	68,2	6,3	4,1	11,4	7,5

11-ый опытъ. Воду для опытовъ взяли изъ другого рудника. Она при качественномъ испытаніи оказалась такого же состава, какъ и предыдущая. Удельный вѣсъ=1,06. Проволоки втеченіи 24-хъ часовъ пролежали въ этой водѣ. При вынутіи онѣ были также покрыты толстымъ слоемъ осѣвшихъ солей, а поверхность была сильно разѣдена.

№№ прово- локъ.	Диаметръ проволоки <i>mm.</i>	Нагрузка.		Сопротивленіе разрыву.		Окончательное удлиненіе.		Число сгибовъ.	
		нетравл. <i>kg.</i>	травл.	нетравл. <i>kg.</i>	травл.	нетравл. <i>mm.</i>	травл.	петр.	травл.
1	3,5	577,0	512,0	60,0	53,2	3,0	2,0	5,5	4
2	3,1	368,0	258,0	48,8	34,2	7,0	12,0	4,5	6
3	3,1	531,5	451,0	70,5	59,9	3,9	1,0	7,5	6
4	2,0	160,0	132,0	50,9	42,0	21,5	13,0	13,5	15
5	2,2	245,0	200,0	64,5	52,6	2,5	1,0	7,0	9
6	2,2	495,5	415,0	130,2	109,2	2,5	1,0	14,0	11
7	2,0	449,0	370,0	141,4	117,8	2,0	1,0	17,0	14
8	2,0	287,0	230,0	91,6	73,2	9,0	4,0	22,5	15
среднее	—	389,1	321,0	82,2	67,7	6,3	4,4	11,4	9,9

Результаты вообще сходны съ полученными въ предыдущемъ опытѣ; способность сгибанія понизилась нѣсколько меньше.

12-й опытъ. Если отъ дѣйствія слабыхъ кислотъ желѣзо приобрѣтаетъ хрупкость, то можно предположить, что и отъ ржавленія желѣза произойдетъ то же самое. Химическіе процессы, вызывающіе ржавленіе, очень схожи съ тѣми, которые во всѣхъ приведенныхъ опытахъ вызывали хрупкость желѣза: углекислота и вода, дѣйствуя на желѣзо, разлагаютъ воду и освобождаютъ водородъ. Затѣмъ уже кислородъ изъ воздуха переводитъ карбонатъ въ водную окись желѣза.

Чтобы убѣдиться въ справедливости предположенія, что ржавчина вліяетъ такимъ образомъ на качества желѣза, повѣсили проволоки, не очистивъ ихъ отъ сала, на высокомъ просторномъ мѣстѣ, предоставивъ ихъ тамъ втеченію слишкомъ 8-ми недѣль вліянію атмосферныхъ осадковъ. Затѣмъ ихъ подвергли испытаніямъ, убѣдившись предварительно, что всѣ онѣ были покрыты довольно толстымъ слоемъ ржавчины. Испытанія дали слѣдующіе результаты:

№№ прово- локъ.	Диаметръ проволоки <i>mm.</i>	Нагрузка.		Сопротивленіе разрыву.		Окончательное удлиненіе.		Число сгибовъ.	
		нетравл. <i>kg.</i>	травл.	нетравл. <i>kg.</i>	травл.	нетравл. <i>mm.</i>	травл.	петр.	травл.
1	3,5	577,0	556,0	60,0	57,7	3,0	3,0	5,5	3,0
2	3,1	368,0	317,0	48,0	40,0	7,0	1,0	4,5	2,5
3	3,1	531,0	491,0	70,5	65,1	3,0	3,0	7,5	6,0
4	2,0	150,0	153,0	50,9	48,7	21,5	7,0	13,5	6,0
5	2,2	245,0	240,0	64,5	63,2	2,5	1,0	7,0	4,0
6	2,2	495,5	484,0	130,2	137,4	2,5	2,0	14,0	8,0
7	2,0	449,0	438,0	141,4	139,4	2,0	2,0	17,0	9,0
8	2,0	287,0	276,0	91,6	87,9	9,0	9,0	22,5	13,0
среднее	—	389,1	369,0	82,0	78,9	6,3	3,5	11,4	6,4

13-й опытъ. Хотя въ предыдущемъ опытѣ обнаруживается очень замѣтное уменьшеніе удлиненія и сгибаемости проволоки вслѣдствіе атмосферныхъ вліяній, тѣмъ не менѣе можно бы сдѣлать возраженіе, что причину этого уменьшенія пужно искать не столько въ вліяніи углекислоты и влажности воздуха, сколько въ поврежденіи самихъ проволокъ ржавчиною, выразившемся дѣйствительно одновременнымъ уменьшеніемъ сопротивленія разрыву. Поэтому предыдущій опытъ былъ повторенъ, только для предохраненія отъ ржавчины одинъ конецъ проволоки заливали, какъ и прежде, цинкомъ и повѣсили проволоки на воздухъ всего на 15 дней. Ржавчина, хотя и была вполне явственная, но оказалась меньше, чѣмъ при предыдущемъ опытѣ.

№ проволоки.	Диаметръ проволоки мм.	Нагрузка.		Сопротивленіе разрыву.		Окончательное удлиненіе.		Число стибовъ.	
		петравл.	травл.	петравл.	травл.	петравл.	травл.	петравл.	травл.
		kg.		kg.		mm.			
1	3,5	577,0	576,0	60,0	60,0	3,0	1,5	5,5	5,0
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	3,1	531,0	506,0	70,5	67,1	3,0	3,0	7,5	7,0
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	2,2	245,0	244,0	64,2	64,2	2,5	2,0	7,0	6,5
6	2,2	405,5	498,0	130,2	131,0	2,5	2,0	14,0	12,0
7	2,0	449,0	449,0	141,4	141,4	2,0	2,0	17,0	15,0
8	2,0	286,0	286,0	91,6	91,5	9,0	10,0	22,5	18,0
среднее	—	426,0	426,0	93,0	92,5	3,7	3,4	12,2	10,6

Цифры нагрузки и сопротивленія разрыву до и послѣ висѣнія проволокъ на вольномъ воздухѣ даютъ только въ проволоки № 3 значительную разность, въ остальныхъ онѣ одинаковы,—значить, о поврежденіи проволокъ отъ ржавчины не можетъ быть рѣчи; хрупкость же металла и здѣсь значительно увеличилась. Въ каждой отдѣльной проволоки можно замѣтить уменьшеніе ея сгибаемости.

Это явленіе имѣетъ значеніе. Если оно подтвердится также относительно желѣзныхъ издѣлій съ большимъ поперечнымъ сѣченіемъ — въ чемъ едва ли можно усомниться послѣ соответственныхъ изслѣдованій профессора Hughes—то каждое такое издѣліе, напр. желѣзнодорожный рельсъ, мостовыя связи и т. д. становится болѣе хрупкимъ, чѣмъ было при изготовленіи, отъ одного того, что долгое время подвергалась атмосфернымъ вліяніямъ, и если оно успѣло покрыться только незначительною ржавчиною. Оцинкованіе желѣза для предохраненія его отъ ржавчины, только увеличиваетъ

опасность, судя по результатамъ вышеприведенныхъ опытовъ, такъ какъ желѣзо, дѣлаясь электроотрицательнымъ при соприкосновеніи съ цинкомъ, еще легче чѣмъ неоцинкованное, можетъ сдѣлаться хрупкимъ, если только какая нибудь часть его поверхности становится доступной вліянію атмосферы.

Слѣдующій случай можетъ служить подтвержденіемъ сказаннаго. Для небольшой машины, подверженной большой сырости, понадобились пружины изъ тигельной стали; для предохраненія отъ ржавчины ихъ оцинковали. Хотя при выборѣ матерьяла и обработкѣ его была употреблена всевозможная заботливость, тѣмъ не менѣе всѣ пружины сломались по прошествіи нѣсколькихъ недѣль; такія же пружины неоцинкованныя остались цѣлы. Сначала я приписывалъ непрочность оцинкованныхъ пружинъ вліянію кислоты, въ которой ихъ травили до цинкованія; но съ другой стороны, послѣдующій нагрѣвъ пружинъ, для оцинкованія, да одно продолжительное лежаніе ихъ до примѣненія должны были въ значительной степени уничтожить пріобрѣтенную хрупкость (опыты 4, 5 и 7) ¹⁾.

Поэтому вѣрнѣе предположить, что оцинкованіе само по себѣ способствовало постепенному увеличенію хрупкости пружинъ тѣмъ, что оно усиливало вліяніе влажности и углекислоты воздуха на желѣзо, какъ выше было описано.

б) Испытанія прутьевъ на сопротивленіе изгибу.

14-й Опытъ. Квадратные прутья толщиной 22 mm. изъ рессорной стали съ 0,65% С и 78 kg. сопротивленія разрыву были закалены въ маслѣ, отпущены и затѣмъ положены на двѣ точки опоры разстояніемъ 450 mm. между ними. Грузъ накладывался до излома прутьевъ. Два прута испытывались въ нетравленномъ видѣ, два другихъ послѣ 24-хъ часоваго травленія въ слабой сѣрной кислотѣ.

	Нагрузка kg.	Сопр. изло- му на кв. mm. kg.
Нетравленный	2700	171
Тоже	2650	168
Нетравленные среднее	2675	169,5
Травленный	1800	114
Тоже	2000	126
Травленные, среднее	1900	120

¹⁾ Бѣлая жель, не смотря на неоднократное предварительное травленіе, обыкновенно отличается большой вязкостью и гибкостью; это объясняется тѣмъ, что она послѣ травленія отжигается до погруженія въ расплавленное олово.

Слѣдовательно, сопротивленіе изгибу уменьшилось почти до 30%.

Прогибъ до излома не былъ точно опредѣленъ, но оказался въ травленыхъ прутьяхъ меньшимъ, чѣмъ въ нетравленыхъ.

15-й опытъ. Предъидущій опытъ былъ повторенъ, только прутья были приведены въ прикосновеніе съ цинкомъ.

	Нагрузка kg.	Сопр. изло- му на кв. мм. kg.
Нетравленныя (среднее изъ 3-хъ опытовъ)	476	71,5
Травленныя (среднее изъ 6 опытовъ)	377	56,5

Уменьшеніе сопротивленія изгибу здѣсь достигаетъ 39%.

16-й опытъ. Цилиндрическія винтовыя пружины, сдѣланныя изъ круглой стали въ 8 мм. поперечнаго сѣченія діаметра, при 0,9 % углерода были подвергнуты нагрузкѣ до излома. Діаметръ пружины 30 мм., шагъ 120 мм., число завитковъ 9½. Концы пружины были обрѣзаны прямоугельно къ оси. Пружины были закалены въ маслѣ и отпушены.

	Нагрузка kg.	Сопр. изло- му на кв. мм. kg.
Нетравленныя (среднее какъ въ преемид. опытѣ) .	2675	169,5
Травленныя	1575	100
Тоже	1675	105
Среднее	1625	102,5

Уменьшеніе сопротивленія изгибу вслѣдствіе травленія=21%. Нетравленныя пружины при изломѣ ломались на 2, 3 части, а травленныя на 10—12 частей, что несомнѣнно указываетъ на большую хрупкость травленыхъ пружинъ.

17-й опытъ. Изъ прутьевъ рессорной стали въ 600 мм. длиною, 40 мм. шириною и 8 мм. толщиною, при сопротивленіи разрыву въ 85 kg. на квадратный миллиметръ были приготовлены U-образныя пружины со стрѣлой прогиба въ 100 мм. Ихъ закалили въ водѣ, отпустили и, затѣмъ, подвергли нагрузкѣ до излома—одни въ травленномъ, другіе въ нетравленномъ видѣ. Результаты получились слѣдующіе:

Нетравленая. Нагрузка 820 kg.

Травленая 24 часа въ разбавленной сѣрной кислотѣ. Груза 450 kg.

Травленая какъ предъидущая, затѣмъ кованая. Груза 430 kg.

Травленая какъ предыдущая, затѣмъ отож-
жена, закалена вторично и отпущена.

Нагрузка 700 kg.

И здѣсь, какъ въ предыдущихъ опытахъ съ травленными проволоками послѣдующій отжигъ большею частью уничтожаетъ хрупкость, причиненную травленіемъ.

18-й опытъ. Чугунные прутья травленные и нетравленные были подвергнуты испытанію на сопротивленіе излому и на прогибъ до излома. Многочисленные испытанія дали слѣдующія среднія числа.

а) Квадратные прутья толщиною 5 mm.¹⁾ были однимъ концомъ за-
крѣплены, а на другой конецъ, на разстояніи 248 mm. отъ перваго конца, привѣсили грузъ. Травленіе производилось втеченіи 24 часовъ въ сѣр-
ной кислотѣ ($\frac{1}{50}$).

б) Такіе-же квадратные прутья втеченіи девяти дней подвергались травленію въ болѣе крѣпкой сѣрной кислотѣ ($\frac{4}{50}$).

с) Прутья съ поперечнымъ сѣченіемъ U, шириною 30 mm., высотой 10 mm. и толщиною 4 mm. втеченіи 9 дней травились въ сѣрной кис-
лотѣ ($\frac{4}{50}$) и подвергнуты были затѣмъ тѣмъ же испытаніямъ, какъ и въ преды-
дущемъ случаѣ.

	Нагрузка.		Сопр. излому на кв. mm.		Наибольшій прогибъ.	
	нетра- влен.	тра- влен.	нетра- влен.	тра- влен.	нетра- влен.	тра- влен.
	K g.		K g.		mm.	
а) Среднее изъ 8 опытовъ.	237	238	32,18	32,24	31,9	32,2
б) Среднее изъ 10 опытовъ.	220	200	32,21	28,68	30,6	25,3
с) Среднее изъ 10 опытовъ.	557	463	—	—	22,3	18,1

Въ а) травленіе не произвело никакихъ измѣненій, въ б) сопротивленіе
излому уменьшилось на 11%, настолько же уменьшилась и сгибаемость, въ
с) получилось уменьшеніе сопротивленія изгибу на 17%, а изгибаемости
на 19%.

Послѣдніе опыты показываютъ, что чугунъ гораздо труднѣе поддается
вліяніямъ травленія, чѣмъ желѣзо. Чтобы вызвать замѣтную хрупкость же-

¹⁾ Для опредѣленія сопротивленія излому въ каждомъ опытѣ точно измѣряли попереч-
ное сѣченіе, а встрѣчавшіяся отклоненія, соответственно, принимали въ расчетъ.

лѣза, достаточно подвергнуть его травленію втеченіи немногихъ часовъ въ самой слабой кислотѣ, тогда какъ на чугуны вліяніе травленія обнаруживается только послѣ обработки его втеченіи девяти дней сравнительно крѣпкой кислотой.

Причину этого отличія чугуна отъ желѣза можно объяснить разными обстоятельствами. Можно предположить, что наружная корка отлитыхъ прутьевъ больше предохраняла чугуны отъ развѣданія; или что чугуны вообще лучше желѣза сопротивляется дѣйствию кислоты; или что чугуны при прочихъ равныхъ условіяхъ менѣе доступны вліянію тѣхъ причинъ, которыя вызываютъ хрупкость металла вслѣдствіе травленія (поглощеніе водорода). Возможно, что богатое содержаніе въ чугуны кремнія могло бы послужить объясненіемъ этого. Я самъ считаю послѣднее предположеніе наиболѣе вѣроятнымъ.

с) Выводы.

Предыдущихъ опытовъ, конечно, далеко недостаточно для полного разясненія вопроса о хрупкости травленнаго желѣза. Нужно было бы точнѣе, чѣмъ мнѣ самому это возможно было сдѣлать, опредѣлить вліяніе травленія на сопротивленіе изгибу болѣе мягкихъ сортовъ желѣза и разныхъ его сѣченій; нужно было бы произвести испытаніе надъ сжатіемъ травленнаго желѣза, пополнить опыты надъ вліяніемъ атмосферныхъ осадковъ на оцинкованное желѣзо испытаніемъ болѣе толстыхъ прутьевъ и кусковъ, и т. п.

Никто, вѣроятно, не станетъ отрицать, что продолженіе подобныхъ опытовъ могло бы не только привести къ цѣннымъ научнымъ результатамъ, но и къ практическимъ открытіямъ.

Во всякомъ случаѣ, уже изъ приведенныхъ опытовъ можно вывести слѣдующіе законы о хрупкости травленнаго желѣза.

1) Во всѣхъ случаяхъ, когда желѣзо подвергается такимъ вліяніямъ, которыя вызываютъ образованіе водорода на его поверхности, слѣдовательно, особливо при дѣйствіи слабыхъ кислотъ, желѣзо претерпѣваетъ измѣненіе въ своихъ качествахъ прочности. Модуль абсолютнаго сопротивленія разрыву не измѣняется, если только желѣзо не было сильно развѣдено кислотами, но за то окончательное удлиненіе замѣтно падаетъ; равнымъ образомъ сильно падаетъ способность сгибанія или сгибаемость, а также сила сопротивленія изгибающему грузу, т. е. сопротивленіе изгибу. Вслѣдствіе этого, желѣзо легче ломается, какъ при неоднократныхъ прогибахъ (канаты) такъ и при постоянно дѣйствующемъ изгибающемъ грузѣ.

2) Одинаковыя явленія, какъ отъ слабыхъ кислотъ, вызываются и атмосферными вліяніями на желѣзо, когда послѣднее не защищено отъ ихъ дѣйствія.

3) При соприкосновеніи желѣза съ цинкомъ, причемъ первое дѣлается

электроотрицательнымъ, описываемыя явленія усиливаются, такъ что достаточно менѣе продолжительнаго времени, чтобы вызвать хрупкость желѣза.

4) Хрупкость, вызываемая травленіемъ, ржавленіемъ и т. д., можетъ быть устранена послѣдующимъ отжигомъ желѣза; она также постепенно уничтожается, или по крайней мѣрѣ уменьшается при продолжительномъ лежаніи хрупкаго желѣза въ совершенно сухомъ мѣстѣ ¹⁾. Механической обработкой травленаго желѣза въ холодномъ видѣ нельзя уничтожить хрупкость его (опытъ 17).

5) На чугуны травленіе не оказываетъ никакого вліянія, или значительно меньше чѣмъ на желѣзо.

d) *Опредѣленіе водорода.*

Нужно было опредѣлить еще и настоящую причину тѣхъ измѣненій въ прочности желѣза, которыя обнаруживаются при дѣйствіи слабыхъ кислотъ. Всѣ произведенныя наблюденія заставляютъ думать, что причина эта—поглощеніе водорода въ моментъ рожденія и соединеніе его съ желѣзомъ; особенно вѣроятнымъ становится такое предположеніе потому, что при прикосновеніи къ желѣзу цинка во время травленія, проявленія хрупкости желѣза усиливаются, а въ то же время поверхность желѣза не разбѣдается кислотой. Какъ уже было упомянуто въ началѣ этой статьи, профессоръ Roberts нашелъ водородъ при накаливаніи въ безвоздушномъ пространствѣ травленаго желѣза. Для совершенной увѣренности, мнѣ показалось тѣмъ болѣе необходимымъ произвести новый опытъ, такъ какъ мнѣ подробности опыта Roberts'a были неизвѣстны.

Мнѣ казалось, что при накаливаніи желѣза въ безвоздушномъ пространствѣ ошибки неизбѣжны. Всякое травленое желѣзо содержитъ влажность, которую можно удалить только при сильномъ нагрѣвѣ; но при этомъ съ одной стороны можетъ выдѣлиться водородъ, а съ другой—образоваться ржавчина. Если же ржавое или влажное желѣзо нагрѣвать въ безвоздушномъ пространствѣ, то образованіе водорода легко можетъ быть вызвано извѣстной реакціей разложенія воды желѣзомъ; тогда, значить, будутъ находить водородъ тамъ, гдѣ его первоначально не было.

Поэтому я употребилъ такіе приемы, при которыхъ влажность, заключенная въ желѣзѣ и въ его ржавчинѣ, можно было бы поскорѣе удалять. Исходной точкой послужило мнѣ замѣченное при пятомъ опытѣ обстоятельство, что накаливаніемъ желѣза можно уничтожить вызванную травленіемъ хрупкость. Я предположилъ, что если дѣйствительно поглощенный желѣзомъ

¹⁾ Припомнимъ здѣсь, на основаніи прежнихъ опытовъ, что вызванное травленіемъ уменьшеніе окончательнаго удлиненія уже болѣе не уничтожается при продолжительномъ лежаніи. Можетъ быть съ болѣе точными инструментами и на болѣе толстыхъ прутьяхъ, удастся разъяснить это: не было ли какихъ нибудь случайностей при полученіи приведенныхъ результатовъ.

водородъ вызываетъ хрупкость, то и при уничтоженіи хрупкости отжигомъ весь поглощенный водородъ опять долженъ выдѣлиться даже и въ небезвоздушномъ пространствѣ. И такъ, задача состояла въ слѣдующемъ: испытуемое желѣзо нагрѣвать постепенно въ струѣ совершенно сухого и чистаго азота, выдѣляющійся при нагрѣваніи желѣза газъ сначала просушить, а затѣмъ сжечь содержащійся въ немъ водородъ и опредѣлить количество образовавшейся воды.

Необходимый азотъ получался нагрѣваніемъ раствора 1-ой части азотно-кислаго натрія, 1-ой части азотнокислаго аммонія и 1-ой части двуххромовокислаго кали въ 10 частяхъ воды. Но тутъ получался не совсѣмъ чистый азотъ, а съ примѣсью окиси азота и другихъ его окисловъ, почему его нужно было подвергать очищенію.

Аппаратъ, служившій для опредѣленія водорода, состоялъ послѣдовательно изъ слѣдующихъ частей:

Газометръ съ азотомъ;

Стеклянка съ растворомъ ѣдкаго кали для поглощенія кислотъ азота;

Двѣ стеклянки съ насыщеннымъ растворомъ желѣзнаго купороса, для поглощенія окиси азота;

Одна стеклянка съ англійской сѣрной кислотой, для предварительной сушки газа;

Калильная трубка; въ передней части ея помѣщены уже накаливавшіяся въ струѣ азота желѣзные проволоки, для поглощенія свободного кислорода или разложенія окисловъ азота; въ задней части трубка наполнена окисью мѣди для окисленія водорода, который случайно могъ бы оказаться въ токъ газа;

Одна стеклянка съ англійской сѣрной кислотой;

Трубка съ безводной фосфорной кислотой для поглощенія послѣднихъ слѣдовъ влажности;

Калильная трубка съ испытуемыми желѣзными проволоками;

Трубка съ безводной фосфорной кислотой, для поглощенія влажности желѣзныхъ проволокъ;

Калильная трубка съ раскаленной окисью мѣди, для окисленія выдѣляющагося водорода;

Взвѣшенная трубка съ безводной фосфорной кислотой, для поглощенія воды, образовавшейся отъ окисленія водорода и стеклянка съ англійской сѣрной кислотой, для избѣжанія поглощенія предыдущей взвѣшенной трубкой влажности изъ воздуха.

Выводные концы всѣхъ калильных трубокъ были вытянуты остріемъ, съ отверстіемъ въ 3 мм.; концы эти соединялись съ плотно примыкавшими къ нимъ вводными трубочками слѣдующихъ частей (банки или трубки съ фосфорной кислотой), помощью каучуковыхъ трубочекъ; вводный же конецъ калильных трубокъ закрывался сухой каучуковой пробкой съ проходящей черезъ послѣднюю трубочкой отъ предыдущей части.

Испытуемая проволока была очищена наждачной шкуркой отъ сала, отмыта эфиромъ, затѣмъ, когда предполагалось испытывать травленныя проволоки, то заливали одинъ конецъ проволоки цинкомъ и клали ее на 10—12 часовъ въ очень разбавленную сѣрную кислоту (1 : 100). Затѣмъ проволоку промывали водой, клали на нѣкоторое время въ известковую воду, опять промывали водой, сушили быстро въ сушеныхъ опилкахъ, обтирали фильтровочной бумагой, очищали отъ приставшихъ волосковъ стеклянной кисточкой, разрывали металлическими ножницами на части по 65 мм. длиною (по размѣрамъ фарфороваго челночка для накаливанія), клали въ накаленный и взвѣшенный челночекъ и устанавливали въ челночекъ на часть или на два въ эксикаторъ съ кусками хлорной извести. Всѣ эти манипуляціи съ момента вынутія проволоки изъ известковой воды требовали только нѣсколькихъ минутъ времени, такъ что ржавчины не могло образоваться въ это время. Тѣмъ временемъ накаливали калильныя трубки для очищенія азота, для сжиганія водорода, выделяющагося изъ желѣза, и наполнили весь аппаратъ азотомъ. Послѣ этого быстро взвѣшивали проволоки въ челночекъ, ставили вмѣстѣ съ челночкомъ въ калильную трубку, вводили затѣмъ взвѣшенную трубку съ фосфорной кислотой для поглощенія образующейся воды и накаливали трубку съ вставленными проволоками.

Вѣсь проволоки для каждаго опыта составляла 60—75 gr., накаливая до свѣтло-краснаго цвѣта проволоки нагрѣвали еще минутъ 20, затѣмъ, продолжая пропускать струю азота, постепенно охлаждали трубку и наконецъ взвѣшивали трубку съ фосфорной кислотой. Послѣ накаливанія большая часть поверхности проволоки оставалась совершенно блестящей, только концы, обращенные къ струѣ газа, показывали всегда нѣкоторую побѣжалость—доказательство, что газъ, несмотря на вѣб предосторожности, всетаки содержалъ еще незначительныя количества окиси или закиси азота. Но такъ какъ отношенія площади побѣжалости къ площади чистой поверхности проволоки были очень незначительныя, то я полагаю, что это обстоятельство не могло оказывать большого вліянія на полученные результаты.

Когда желѣзо заключало въ себѣ водородъ, то въ выводномъ концѣ трубки съ окисью мѣди показывался налетъ влажности, когда нагрѣвъ пробѣ еще не достигалъ высшаго предѣла.

Я употреблялъ для опытов проволоку изъ кричнаго желѣза въ 2,5 и 3 мм. діаметромъ. При трехъ опытахъ съ нетравленными проволоками въстѣ трубки съ фосфорной кислотой нисколько не увеличивался, слѣдовательно содержаніе водорода было=0.

При испытании травленных проволок получилось из четырех опы-
тов:

[illegible]

Проволока в 3 mm діаметр. „ „ = 0,0052 %
та же проволока „ „ = 0,0035 %

Слѣдовательно несомнѣнно, что травленія проволоки дѣйствительно заключали водородъ, но количество послѣдняго очень незначительно, такъ что невольно является вопросъ, могутъ ли такія малыя количества водорода произвести такое замѣтное вліяніе на механическія испытанія желѣза, какое дѣйствительно обнаруживаютъ всѣ предъидущіе опыты. Я нарочно подробно описалъ свой способъ опредѣленія водорода, чтобы всякій, кто хорошо знакомъ съ такими работами, могъ прослѣдить, не было ли въ моихъ опредѣленіяхъ какой нибудь ошибки или какихъ нибудь потерь.

Возможно, что при накаливаніи желѣза не весь водородъ выдѣляется изъ него, а что остающаяся въ немъ часть водорода не проявляетъ уже сильнаго вліянія.

Но если исходитъ изъ положенія, что сила вліянія, оказываемаго другими тѣлами на качества желѣза, зависитъ не прямо отъ ихъ вѣсового количества, а отъ количества атомовъ сравнительно съ опредѣленнымъ количествомъ атомовъ желѣза, тогда становится возможнымъ предположеніе, что эти количества водорода, кажуціяся незначительными, могутъ вызвать вышеописанныя измѣненія въ желѣзѣ, такъ какъ атомный вѣсъ водорода равенъ $\frac{1}{31}$ атомнаго вѣса фосфора, вліяніе котораго на желѣзо болѣе другихъ тѣлъ сходно съ описаннымъ вліяніемъ водорода.

Горный Журналъ 1888, т. 2, № 6, с. 397-400
 и 303-304.

ПРИБОРЪ ДЛѢ ОПРЕДѢЛЕНІЯ ИСКРІВЛЕНІЯ БУРОВЫХЪ СКВАЖИНЪ.

Горнаго Инженера И. Шимановскаго.

Искривленія буровыхъ скважинъ принадлежатъ къ явленіямъ, которыхъ каждый бурильщикъ долженъ тщательно избѣгать.

Искривленіе, даже на весьма незначительный уголъ, если во время его не замѣтятъ, можетъ постепенно повести къ необходимости забросить скважину, особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда буровая скважина должна крѣпиться трубами. Въ бытность мою въ Баку, подобные случаи порчи скважинъ не составляли большой рѣдкости. Въ одной изъ нихъ, скрѣпленной тннутыми, желѣзными буровыми трубами, эти послѣднія при буреніи водянымъ способомъ, загонялись ударами бабы. При этомъ, на извѣстной глубинѣ, онѣ искривились и затѣмъ, при продолженіи работы, дали трещину на мѣстѣ изгиба, въ чемъ убѣдились, когда, забросивъ скважину, вытащили буровыя трубы. Опредѣленіе направленія обсадныхъ трубъ у устья не можетъ дать полезнаго указанія, такъ какъ скважина, вертикальная у устья, можетъ быть искривленной на извѣстной глубинѣ. Опускаемый буровой снарядъ даетъ лишь самыя грубыя указанія, относительно правильности направленія скважины. Указанія эти тѣмъ менѣе точны, чѣмъ глубже сква-