

ГОРНОЕ И ЗАВОДСКОЕ ДѢЛО.

ЖЕЛѢЗО НА ВѢНСКОЙ ВСЕМИРНОЙ ВЫСТАВКѢ.

Тайн. Сов. А. Юсса 2-го.

(Продолженіе).

ШВЕЙЦАРІЯ.

Желѣзное производство въ Швейцаріи такъ незначительно, что не стоитъ почти говорить о немъ. Бѣдная желѣзными рудами, она производитъ не болѣе $\frac{1}{2}$ милліона пудовъ чугуна, на древесномъ углѣ и частью на коксѣ. На выставкѣ были очень хорошія чугунныя трубы, съ завода Людв. Ралля, изъ Золотурна, испытанныя давленіемъ отъ 20 до 25 атмосферъ. Чугунъ для нихъ выплавляется коксомъ, изъ бобовыхъ рудъ, несодержащихъ сѣры; онъ весьма плотенъ и вязокъ и поэтому употребляется, въ особенности, на отливку водопроводныхъ трубъ для высокаго давленія.

Выставленные образцы разрѣзанныхъ поперекъ и вдоль трубъ показываютъ ровную толщину стѣнокъ, плотный изломъ чугуна и отсутствіе раковинъ и пузырей.

Въ таблицѣ, бывшей на выставкѣ, показаны слѣдующіе размѣры трубъ отливаемыхъ на семь заводѣ, всѣхъ, сопротивленіе и цѣна ихъ.

Диаметръ трубъ въ милліметрахъ.	Длина ихъ, — въ метрахъ.	Вѣсъ, — килограммъ.	Нормальный вѣсъ, — килограммъ.	Гарантирован. давленіе въ атмосферахъ.	Наибольшее давленіе.	Толщина стѣнокъ по нормальному вѣсу, — милліметры.	Цѣна за погонный метръ длины.
533	4	756	760	20	10	$13\frac{3}{4}$	—
400	4	650	650	35	16	16	—
300	3	247	250	25	11	$10\frac{1}{4}$	28
200	3	138	145	20	9	$8\frac{1}{2}$	17
150	3	95	95	20	9	$7\frac{1}{2}$	11, ⁵
90	3	45	46	20	10	6	6
70	$2\frac{1}{2}$	29	31	20	—	$5\frac{1}{2}$	4, ⁷
50	$2\frac{1}{2}$	20	21	10	9	$5\frac{1}{2}$	3, ³

ИТАЛІЯ.

Не смотря на довольно значительныя мѣсторожденія хорошихъ желѣзныхъ рудъ, выплавка чугуна въ Италіи не превышаетъ обыкновенно 1¹/₂ милл. пудовъ и, сверхъ того, готовится желѣза, стали и разныхъ издѣлій изъ нихъ до 3-хъ милл. пудовъ. Выдѣлка желѣза и стали производится прямо изъ рудъ, древеснымъ углемъ, и лишь небольшое количество изъ чугуна, который идетъ преимущественно на отливки.

По отзыву королевской комиссіи, выдѣлка желѣза непосредственно изъ рудъ требуетъ менѣе горючаго матеріала, нежели выплавка чугуна и передѣлъ его въ желѣзо.

Въ 1872 году добыто во всей Италіи антрацита до 120,000 пудовъ и бураго угля до 6 милліоновъ. Недостатокъ горючаго матеріала не позволяетъ усиливать желѣзное производство и побуждаетъ вывозить добываемыя руды въ другія страны. Вывозъ ихъ увеличивается съ каждымъ годомъ и въ 1872 году достигъ 10 милл. пудовъ.

Предметовъ желѣзнаго производства Италіи выставлено было немного; они состояли преимущественно изъ рудъ. Кромѣ желѣзнаго блеска съ остр. Эльбы, были образцы магнитныхъ, бурыхъ и шпатоватыхъ желѣзняковъ. Чугунъ разныхъ видовъ изъ Бергомо и Бресчии и нѣсколько образцовъ желѣза, незамѣчательныхъ.

ШВЕЦІЯ.

Естественныя условія желѣзнаго производства въ Швеціи довольно сходны съ нашими. То-же изобиліе прекрасныхъ желѣзныхъ рудъ, скопленныхъ въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ и тотъ же недостатокъ горючаго матеріала для извлеченія этихъ богатствъ и пользованія ими. Но протяженія Швеціи далеко не такъ велики, какъ въ Россіи; притомъ озера и каналы облегчаютъ сообщенія съ мѣстами потребленія, и этому должно приписать, отчасти, столь значительное развитіе желѣзнаго производства, сравнительно съ нашимъ. Въ началѣ статьи было уже показано, что выплавка чугуна въ Швеціи и Норвегіи составляла, въ 1871 году, на одного жителя до 178 фунтовъ, а въ Россіи только 10.

Еще большому развитію выдѣлки желѣза, соотвѣтственно запасамъ рудъ, мѣшаетъ опасеніе истощить лѣса, представляющіе пока единственное средство для извлеченія подземныхъ богатствъ. Каменный уголь хотя найденъ въ юго-западной части государства, но разработка его незначительна еще и не можетъ пока содѣйствовать много усиленію выдѣлки желѣза, тѣмъ болѣе, что шведскій уголь не даетъ хорошаго кокса, годнаго для доменной плавки, а

мѣсторожденія его далеки отъ рудныхъ мѣсторожденій. Но ожидаютъ, что съ устройствомъ предположенныхъ желѣзныхъ дорогъ, когда представится возможность пользоваться каменнымъ или бурымъ углемъ для передѣла чугуна въ желѣзо и уничтожить, или уменьшить, кривую работу, требующую такъ много горячаго, можно будетъ значительно увеличить выплавку чугуна на счетъ сберегаемаго этимъ способомъ лѣса. Примѣръ поучительный для насъ и уже осуществленный въ Штиріи и Каринтіи.

Давно извѣстно уже, что желѣзное дѣло въ Швеціи стоитъ на высокой степеніи. Этому содѣйствовало много правительство, поддерживая промышлень, столь важный для государства и населенія, полезными для него узаконеніями и распоряженіями; содѣйствуютъ сами заводчики, изучая это дѣло и занимаясь имъ, а также извѣстное подъ именемъ *Желѣзной Конторы* — общество или союзъ заводовъ, которое общими силами производитъ многія изслѣдованія, изысканія и опыты, поддерживающіе многіе ученые труды и предпріятія. Иждивеніемъ Желѣзной Конторы издана недавно брошюра Рихарда Окермана: «О состояніи желѣзнаго производства въ Швеціи къ началу 1873 года», напечатанная въ 9-й книжкѣ «Горнаго Журнала» за 1873 годъ, которая весьма отчетливо знакомитъ съ положеніемъ этой отрасли промышленности.

По свѣдѣніямъ, приводимымъ Окерманомъ за 1871 годъ:

Добыто рудъ горныхъ	38 826.000	пуд.
» » озерныхъ и дерновыхъ	950.000	»
	<hr/>	
	39.776,000	пуд.
Рабочихъ задолжено было при добычѣ.	4,970	чел.
Число доменныхъ печей	292	шт.
Изъ нихъ было въ дѣйстви.	207	»
Въ 37,471 рабочіе сутки выплавлено чугуна	17.935,000	пуд.
На 827-ми кривыхъ горнахъ выдѣлано желѣза	11.268.000	»
Въ 7 бессемер. фабрикахъ, стали до	485,000	»
Стали, преимущест. цементной, до.	250,000	»
Листоваго желѣза до	400.000	»
Гвоздей до	368,000	»
Рельсовъ	200,000	»
Разныхъ сортовъ желѣза до	600,000	»
Рабочихъ при заводахъ задолжено было	15,480	чел.

Большая часть шведскаго желѣза вывозится изъ государства, а также и пѣкоторая часть чугуна. Полосовое и прутковое желѣзо идетъ преимущественно въ Шеффильдъ на выдѣлку цементной стали и высоко цѣнится для сего,

особливо лучшие сорта, такъ что продаются до 3-хъ руб. 50-ти коп. за пудъ. Часть желѣза отправляется въ Америку и въ Россію. Но, възамѣнъ того, ввозится въ Швецію нѣсколько литейнаго чугуна и до 600,000 пуд. рельсовъ. Вывозъ рудъ желѣзныхъ изъ Швеціи, преимущественно въ Финляндію, простирается до 1 милліона пудовъ.

Не вдаваясь въ подробности желѣзнаго производства въ Швеціи, съ которыми желающіе могутъ познакомиться изъ упомянутой уже статьи Рихарда Окермана, укажу на главнѣйшіе предметы онаго, бывшіе на выставкѣ.

Желѣзная Контора представила на выставку коллективное собраніе предметовъ желѣзнаго производства отъ 23-хъ членовъ оной; всѣхъ же экспонентовъ по этому отдѣленію 1-й группы было 34. Шведская желѣзная выставка отличалась прекрасными образцами, отчетливо составленными каталогами и пояснительными свѣдѣніями и представляла возможность наглядно ознакомиться съ состояніемъ и главными условіями этой важной отрасли промышленности.

Желѣзныя руды Швеціи состоятъ преимущественно изъ магнитнаго желѣзняка и желѣзнаго блеска, залегающихъ большею частію штоками въ гнейсѣ эвритѣ, слюдяномъ сланцѣ и древнемъ известнякѣ. Добываются также, но въ небольшомъ количествѣ, озерныя и дерновыя руды.

Большая часть горныхъ рудъ, а въ особенности желѣзный блескъ, кварцеваты, кромѣ того содержатъ (магнитные желѣзняки преимущественно) примѣси другихъ минераловъ — пироксена, роговой обманки, хлорита, эпидота, известковаго шпата и венисы. Нѣкоторыя изъ нихъ можно назвать самоплавкими, какъ наприм. даннеморскія, но большинство требуютъ при плавкѣ извести, отъ 10 до 25%, чтобъ образовать двукремнеземистые шлаки. Есть также и руды известковистыя, которыя смѣшиваютъ для плавки съ кремнистыми; онѣ большею частію магнитныя, часто богаты марганцемъ и содержатъ закиси марганца 7—8%. Самая богатая марганцемъ изъ шведскихъ рудъ—изъ Свартберга, содержитъ 15—20% закиси марганца; она залегаеть между кнебелиномъ и богатой марганцемъ бурой венисой и этому обстоятельству приписываютъ значительное содержаніе марганца въ рудѣ.

По разложенію I. Виборга, составъ этой руды слѣдующій:

Закиси желѣза	56, 9—60, 8%
» марганца	18,42—12,98
Фосфора	— — 0,01
Сѣры	0 — 1,34

Фосфора содержатъ шведскія горныя руды мало: обыкновенно содержаніе его простирается отъ 0,01 до 0,05% и зависитъ большею частію отъ примѣси апатита; но руды озерныя и дерновыя богаты имъ, и потому чугунъ изъ нихъ идетъ на литье.

Сѣру содержатъ многія горныя руды, отъ примѣси колчедана; ее выдѣляютъ, впрочемъ, тщательнымъ обжогомъ, почти начисто.

Нѣкоторыя руды богаты титаномъ, какъ напр. магнитный желѣзнякъ изъ Таберга, мелко вкрапленный въ змеевикъ, образующемъ цѣлую гору. Содержаніе желѣза въ этой рудѣ не болѣе 30%, а титановой кислоты 6,3% и нѣсколько ванадія.

Обжогъ рудъ производится на всѣхъ почти заводахъ *доменными газами*, въ печахъ Вестмана, которыя вытѣсняють прежнія газовыя печи.

Доменные печи въ Швеціи—старыя—не велики: обыкновенно отъ 30 до 40 фут.; устроенныя же въ послѣднее время имѣють вышины до 50 футовъ, и даже болѣе; въ распарѣ отъ 7 до 9,75 футовъ, въ колошникѣ 5—6,5 фут., а ширина горна, между фурмами — 2,8 до 4,7 фут.; вмѣстимость ихъ отъ 1,000 до 3,300 куб. футовъ; фурмъ отъ 2-хъ до 4-хъ.

Въ заводѣ Сандвикъ построена новая доменная печь въ желѣзномъ кожухѣ.

Доменная плавка ведется на древесномъ углѣ, иногда съ прибавкой дровъ; только немногіе заводы, выплавляющіе зеркальный чугуны, прибавляютъ нѣсколько англійскаго кокса. Уголь почти вездѣ хвойный; выходитъ его на 1 тудъ чугуна отъ $\frac{3}{4}$ до одного пуда. Но для рудъ Таберга (содержащихъ питанъ) расходъ угля иногда бываетъ въ полтора раза и вдвое болѣе. Суточная выплавка на нѣкоторыхъ печахъ доходитъ до 1,000 и 1,100 пуд. Дутье большею частью нагрѣтое, отъ 200 до 300°, у нѣкоторыхъ печей до 400° Ц., съ давленіемъ отъ 1 до 2 д. ртутнаго столба.

Чугунъ выплавляется преимущественно для кричной работы, —половинчатый; отливается въ чугунныя изложницы. Шихта для сего составляется на двухкремнеземки. Чугунъ для бессемерованія выплавляютъ сѣрый, изъ шихты болѣе основной. Но заводъ Форсбака выставилъ чугуны, *для бессемерованія* (отливается въ песокъ), у котораго нижняя сторона представляла *блѣднѣйшій* лучистый чугуны, рѣзко отдѣленный отъ сѣрой, верхней половины штыка.

Чугунъ шведскій (половинчатый) содержитъ обыкновенно до 4% углерода $\frac{1}{4}$ % кремнія и около 0,02% сѣры и фосфора. Въ бессемеровскомъ чугуны содержаніе кремнія до 1%. Съ завода Шисгиттанъ была выставлена пирамида изъ зеркальнаго чугуна, въ основаніи которой были куски, содержащіе марганца до 4%, затѣмъ къверху постепенно богаче, а на вершинѣ — съ содержаніемъ марганца до 20%. Составъ наиболѣе богатыхъ кусковъ показанъ былъ слѣдующій:

Желѣза	75,10
Марганца	20,35
Углерода	3,80
Кремнія	0,25
Сѣры	0,01
Фосфора	0,03
Мѣди	слѣды.

При этомъ выставленъ былъ *кнебелитъ* $(\frac{\text{MnO}}{\text{FeO}})^2 \text{SiO}_2$, употребляемый въ шихту при выплавкѣ чугуна, богатаго марганцемъ.

По отзыву Окермана, на одномъ шведскомъ заводѣ выплавляютъ зеркальный чугунъ безъ примѣси марганцовистыхъ рудъ или флюса.

По этому поводу профессоръ Керпели замѣчаетъ: «Если заявленіе г. Окермана подтвердится, то можетъ послужить убѣдительнымъ доказательствомъ, что, при плавкѣ, марганецъ служить только средствомъ, ускоряющимъ расплавленіе шлаковъ и очищающимъ металлъ отъ сѣры; слѣдовательно, прежде всего, способствуетъ плавкѣ при низкой температурѣ».

Такимъ образомъ, если имѣются для плавки возможно чистые желѣзняки, содержащіе легкоплавкія примѣси, какъ наприм. пироксенъ, роговую обманку, венису и прочее, то возможность полученія зеркальнаго чугуна нельзя отвергать, если притомъ будетъ соотвѣтственно ведена плавка, и количество кремнезема для образованія шлаковъ будетъ правильное.

Для выплавки обыкновеннаго литейнаго чугуна шихта составляется на трехкремнеземистые шлаки.

Изъ предметовъ доменнаго и литейнаго производствъ, на выставкѣ обращали на себя особенное вниманіе образцы чугуна и издѣлій изъ него съ заводовъ Финспонгъ и Анкерсрумъ, издавна извѣстныхъ своими пушками, которыми они снабжали большую часть государствъ Европы, въ томъ числѣ и Россію.

Пушечный чугунъ этихъ заводовъ отличается большою крѣпостію, упругостію и нѣкоторою ковкостію. Онъ выплавляется изъ извѣстныхъ рудъ древеснымъ углемъ, на холодномъ дутьѣ и при медленномъ ходѣ печи. Въ Финспонгѣ употребляютъ для пушечнаго чугуна руды Фероло, Норторпъ и Стенебо, составъ которыхъ слѣдующій:

	Ф е р о л о.		Норторпъ.		Стенебо.
	Обожж.	Необожж.	Необожж.		Обожж.
Закиси желѣза.	69,1	77,1	61,1	— 64,1	75,5
» марганца	0,24	0,48	0,58	— 0,17	0,38
Мѣди и кобальта.	0,12	»	»	»	»
Фосфора.	0,009	0,01	0,04	— 0,016	0,03
Сѣры	0,14	0,06	0,05	— 0,07	0,09

Составныя части рудъ, образующія шлаки, содержатъ на 100:

	Ф е р о л о.		Норторпъ.		Стенебо.
	Обожж.	Необожж.	Необожж.		Обожж.
Кремнезема	79,0	90,6	57,7	— 57,5	80,4
Глиозема	3,8	4,2	5,7	— 2,8	9,3
Извести	4,7	2,6	26,3	— 32,1	3,2
Магнезіи	11,7	0,4	8,8	— 7,1	5,2
Закиси марганца.	0,8	2,2	1,5	— 0,5	1,6

Упомянутыми заводами Финспонгъ (К. Екманъ) и Анкерсрумъ (А. де-Маре) представлены были, кромѣ чугунныхъ пушекъ, много закаленныхъ спарядовъ сплошныхъ и пустотѣлыхъ, назначенныхъ для пробиванія брони, которыми не только снабжаются артиллерія и флотъ Швеціи, но которыя отправляются и въ другія государства.

Изъ того же пушечнаго чугуна отливаются въ чугунныя изложницы: крестовины, стрѣлки, переводы для желѣзныхъ дорогъ, какъ своихъ, такъ и для иностранныхъ, въ томъ числѣ для русскихъ и финляндскихъ.

Заводъ Финбо, выплавляющій преимущественно зеркальный чугунъ, представилъ образцы чугуновъ и шлаковъ. Онъ проплавляетъ магнитные желѣзняки, весьма чистые. Составъ ихъ слѣдующій:

	Р У Д Ы.		Известнякъ.		
	Марнесь. Обожж.	Гиллангъ. Необожж.			
Закиси желѣза	13,65	} 60,75	43,30—52,30	—	»
Окиси	53,60		»	»	—
Закиси марганца	14,35	»	11,65—13,95	—	0,70
Окиси марганца съ закисю	21,50	»	»	—	»
Окиси цинка	0,50	»	»	—	»
Извести	2,95	3,35	12,75— 7,35	СаОСО ₂	85,00
Горькозема	2,45	2,90	1,40— 2,00	—	0,60
Глинозема	0,80	1,00	2,10— 2,25	—	»
Кремнезема	11,90	9,70	15,40—16,70	—	10,40
Углекислоты	»	»	11,50— 5,40	—	»
Сѣры	»	0,18	» — 0,04	—	слѣды
Фосфора	0,014	»	» — »	—	0,01

Руды обжигаются доменными газами въ печи Вестмана, имѣющей 5 выгребовъ.

Шихта составляется изъ 18% рудъ Гиллангъ. 62 Марнесь и 20% известняка. Составъ шлаковъ отъ этой плавки:

Кремнезема	38,15
Глинозема	7,75
Извести	28,75
Горькозема	1,70
Закиси желѣза	1,25
» марганца	20,55
Сѣрнистаго кальція	1,80
	99,95

Составъ зеркальнаго чугуна:

Желѣза	84,66
Марганца	11,23
Мѣди	0,06
Кремнія	0,06
Фосфора	0,006
Сѣры	0,02
Углерода	3,96

Зеркальнаго чугуна выплавляютъ въ годъ до 75,000 пудовъ. Отъ каждаго выпуска чугуна испытывается на содержаніе марганца упрощеннымъ способомъ.

Доменная печь имѣетъ двѣ фурмы, въ діам. 74 милл. (2,9 д.); діаметръ сопель 56 милл. (2,2 д.). Давленіе воздуха 55 милл. ртутнаго столба; нагрѣвъ до 215° С.

Газы отводятся четырьмя отверстіями; два лежатъ на глубинѣ 1½ метровъ и два на глубинѣ 3-хъ метровъ отъ колошника. Отъ одной пары газы идутъ къ воздухонагрѣвательному аппарату, отъ другой же—къ рудообжигательной печи.

Воздухонагрѣвательный аппаратъ лежитъ на 7,7 метровъ ниже колошника доменной печи, а обжигательная печь—на 7 метровъ. Для содѣйствія теченію газовъ на такую глубину, по недостатку собственнаго напора ихъ, служить аппаратъ, подобный водяному барабану.

Мѣха, обыкновенной въ Швеціи конструкціи, изъ трехъ однодुвныхъ цилиндровъ, въ діам. 1,1 метра (3,6 ф.), вмѣстимостію 0,89 куб. метр. (31,5 к. фут.), при 45 ударахъ поршня, даютъ воздуха въ минуту 38 кубич. метр. (1,342 куб. ф.).

Въ виду того значенія, какое можетъ имѣть у насъ введеніе бессемерованія, считаю не лишнимъ привести здѣсь свѣдѣнія о выплавкѣ чугуна для этой операціи на заводѣ Фагерста, изъ магнитныхъ желѣзняковъ. Составъ этихъ рудъ слѣдующій:

	П у д ы и з ѣ		
	Ostra-stor tåkten.	Granrots grufvan.	Grovdals grufvan.
Кремнезема	27,49	3,10	6,35
Глинозема	1,30	2,05	1,15
Извести	2,16	1,20	2,65
Горькозема	1,76	1,05	3,85
Захиси марганца	0,81	10,40	5,50
» желѣза	2,74	23,56	22,82

Окиси желѣза	46,14	52,44	50,78
Углекислоты.	»	6,10	5,95
Фосфорной кислоты	0,016	0,009	0,014
	<u>100,416</u>	<u>99,909</u>	<u>99,064</u>

Известнякъ-флюсъ:

Кремнезема.	10,82
Глинозема	7,15
Извести	36,61
Горькозема	6,86
Закуси марганца	1,25
Углекислоты	37,18
Фосфорной кислоты	0,007
	<u>99,877</u>

Въ этомъ смѣшеніи заключается:

	Проц.	Кислорода.
Кремнезема.	11,93	6,37
Глинозема	2,50	1,16
Извести	7,51	2,14
Горькозема	2,76	1,10
Закуси марганца	5,63	1,27
» желѣза	19,76	»
Окиси »	43,89	»
Углекислоты	6,02	»
Фосфорной кислоты	0,013	»

Изъ этой шихты получается отъ 48 до 50% половинчатого чугуна, который выпускается прямо изъ домны въ бессемеровскій аппаратъ.

Средній составъ этого чугуна:

Углерода химич. соединеннаго	3,460 проц.
Графита	1,289 »
Кремнія	0,771 »
Марганца	4,491 »
Фосфора	0,027 »
Сѣры	слѣды.

Шлаки, при выпускѣ чугуна, содержатъ:

		Кислорода.
Кремнезема	41,96	22,38
Глинозема	7,02	3,27
Извести	25,04	7,16
Горькозема	17,75	7,09
Заиси марганца	6,57	1,48
» желѣза	0,23	»
	<hr/> 98,57	<hr/> 15,78

Большая часть выплавленного въ Швеці чугуна передѣлывается въ желѣзо; отливки чугуныя производятся въ незначительномъ количествѣ. Выдѣлка желѣза ведется преимущественно кричнымъ способомъ, ланкаширскимъ; прежній валлонскій способъ сохранился въ немногихъ заводахъ, выдѣлывающихъ желѣзо для продажи въ Англію, на цементную сталь. Въ нѣкоторыхъ заводахъ введенъ контуазскій способъ, но онъ мало распространенъ, потому что требуетъ болѣе горячаго матеріала, на сохраненіе котораго въ Швеці обрабатываютъ особенное вниманіе.

При ланкаширскомъ способѣ кричная работа ведется съ выломкой; нажимаемая брица, по обжимѣ, разрубается на куски, которые провариваются въ печахъ. Кричные горна большею частью о двухъ противоположныхъ фурмахъ, около 40 квадр. лин. каждая; давленіе воздуха до 27 лин. ртутнаго столба; дутье нагрѣтое отъ 100 до 200°Ц. На крицу нажигаютъ обыкновенно до 6 пудовъ чугуна.

Угаръ при работѣ на кричные куски простирается до 13%; угля на 1 пудъ до 3 куб. фут. (на 1 коробъ около 24-хъ пуд.). Сварочныя печи для проварки кричныхъ кусковъ, преимущественно газовыя, системы Экмана, которыя, въ послѣднее время, однакоже, замѣняются печами Лундина. Дѣйствіе сварочныхъ печей весьма различно и зависитъ отъ способа переработки кусковъ—ковкой или прокаткой. При первомъ, выдѣлка желѣза въ смѣну на одну печь не превышаетъ 280 пуд.; при второмъ же, т. е. при прокаткѣ желѣза въ валкахъ, она достигаетъ 425 пуд. въ смѣну. Расходъ горячаго также различенъ и зависитъ отъ способа обработки желѣза; на 1 пудъ готоваго желѣза выходитъ древеснаго угля отъ 1 до 2 куб. футовъ.

На печахъ Лундина употребляютъ на 1 пудъ желѣза до 1 куб. фута дровъ, или до 2-хъ футовъ торфа самосушнаго, а нильной муки до 4-хъ футовъ. Угаръ при прокаткѣ желѣза доходитъ до 9%, а при обработкѣ подъ молотомъ до 12%.

Такъ какъ устройство прокатныхъ становъ стоитъ довольно дорого и не по средствамъ небольшихъ заводовъ, то многіе изъ нихъ ограничиваютъ свое производство выдѣлкой кричныхъ кусковъ, которые передаютъ для проварки и прокатки на заводы, имѣющіе прокатныя устройства, иногда устраиваемыя общими силами. Наиболѣе значительный изъ такихъ общихъ заводовъ, smedje-

backen, выдѣлываетъ въ годъ до 300,000 пудовъ сортового и мелкосортнаго желѣза.

Контузаскій способъ введенъ на нѣкоторыхъ небольшихъ заводахъ, пемѣющихся у себя, или вблизи, прокатныхъ устройствъ, и отличается отъ ланкаширскаго главнѣйше тѣмъ, что проварка кричныхъ кусковъ производится въ томъ же кричномъ горну.

Старинный валлонскій кричный способъ сохранился въ Даннеморскомъ округѣ и немногихъ другихъ заводахъ.

На выставкѣ были образцы кричныхъ кусковъ, съ изломомъ, также разныхъ сортовъ желѣза. По излому можно было замѣтить различіе въ качествахъ желѣза, выдѣланнаго ланкаширскимъ и валлонскимъ способами: первое отличалось ровнымъ, чистымъ зерномъ, средней крупности; въ изломѣ втораго нерѣдко замѣчается мелкая, сталеватая сыпь (сушь) и шлаковины (золотѣины). Были образцы проволоки и проволочныхъ канатовъ, изъ обыкновенной и цинкованной проволоки, также гвозди изъ проволоки.

Выдѣлка стали значительно увеличилась въ Швеціи, съ развитіемъ бессемераго способа, который принимаетъ, въ послѣдніе годы, обширные размѣры и замѣняетъ кричное производство, требующее много древеснаго топлива въ ущербъ выплавкѣ чугуна. Первый успѣхъ въ примѣненіи новаго способа обращенія чугуна въ ковкій металлъ Бессемеръ имѣлъ въ Швеціи, но въ постоянныхъ печахъ, которыя представляли много неудобствъ. Это и было причиной, что способъ, принятый въ началѣ на нѣсколькихъ заводахъ, не распространялся почти вовсе. Со введеніемъ подвижныхъ аппаратовъ (вращающихся ретортъ), положеніе дѣла измѣнилось и многіе заводы приступили къ возведенію новыхъ бессемеровскихъ устройствъ, хотя и стоящихъ дорого, потому что въ небольшихъ размѣрахъ предпринимать это производство не стоитъ, — но за то представляющихъ значительныя денежныя выгоды; а что всего важнѣе, для такой страны, какъ Швеція, — это сохраненіе лѣсовъ. Способъ Бессемера, какъ будто, придуманъ для Швеціи (и для Россіи). Богатая прекрасными, чистыми рудами, но, не имѣя каменнаго угля, она должна ограничивать желѣзное производство, чтобъ не истощить лѣсовъ; новый способъ, не требуя почти вовсе, или весьма мало, горючаго матеріала, для обращенія чугуна въ желѣзо или въ сталь, даетъ возможность удвоить выплавку чугуна.

Въ 1871 году бессемерованіе производилось на семи заводахъ, и каждый имѣлъ по два аппарата; въ настоящее время работаютъ этимъ способомъ 14 заводовъ на 28 бессемеровскихъ ретортахъ, вмѣстимостію отъ 150 до 250 пуд. Чугунъ наливается прямо изъ доменной печи. Мѣха очень сильныя (400—500 лошадей) дѣйствуютъ водой; давленіе воздуха, обыкновенно, отъ 24-хъ до 36 дюймовъ. Работа идетъ очень скоро и оканчивается большею частью въ 6—10 минутъ. Не всѣ заводы употребляютъ доливку зеркальнаго чугуна по окончаніи операціи; тѣ, которые перерабатываютъ марганцовистый чугунъ, работаютъ безъ доливки. Въ слиткахъ получается обыкновенно

отъ 85 до 88%, противъ вѣса употребленнаго чугуна и нѣскольکو процентовъ крохъ и другихъ остатковъ.

Чугунъ употребляется сѣрый, выплавленный изъ шихты, болѣе основной, нежели для обыкновеннаго, передѣльнаго чугуна. Но съ завода Форсбака былъ на выставкѣ образецъ штыковаго чугуна, для бессемерованія, — половинчатого, у котораго нижняя половина бѣлаго, лучшаго, чугуна была рѣзко отдѣлена отъ верхней—сѣраго чугуна.

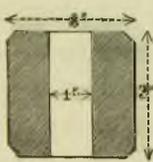
Способомъ Мартена начали готовить сталь въ 1868 году, въ заводѣ Мункфорсѣ; потомъ на заводѣ Лесвефорсѣ и на нѣсколькихъ небольшихъ заводахъ, въ видѣ опытовъ. Печи системы Сименса-Мартена небольшія, на 50—80 пуд. чугуна; топливомъ служатъ самосушныя дрова, которыхъ выходитъ на 1 пудъ стали, или литаго желѣза, 3—4 куб. фута. Этимъ способомъ готовятъ не только сталь, но и желѣзо (съ содержаніемъ углерода 0,15%), которое перекатывають на проволоку, гвозди и т. п.

Приготовленіе томленой (цементной) стали уменьшилось въ послѣднее время. Она идетъ большею частью на литую — тигельную сталь, выдѣлка которой очень незначительна, такъ какъ она вытѣсняется изъ употребленія сталью Бессемера. Тоже должно сказать о выдѣлкѣ уклада и пудлинговой стали.

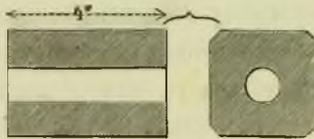
Заводъ Викмансгюттанъ, кажется, единственный, приготовляющій сталь способомъ Ухаціуса. Сталь эту одобряють за ея крѣпость, при значительной твердости, и употребляютъ на инструменты, отъ которыхъ требуются эти качества, также на монетные штемпеля. Но для приготовленія ея выбираютъ лучшія, чистыя руды, тщательно обжигаютъ ихъ, смѣшиваютъ съ дробленнымъ чугуномъ и древеснымъ углемъ и плавятъ въ тигляхъ (графитовыхъ?) въ самодувныхъ англійскихъ горнахъ, коксомъ.

Сталь на выставкѣ въ шведскомъ отдѣлѣ была почти исключительно бессемеровская, и издѣлія изъ нея же. Наиболѣе интересные образцы стали раз-

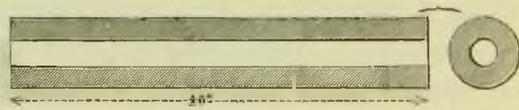
Фиг. 11.



Фиг. 12.



Фиг. 13.



Фиг. 14.



ныхъ сортовъ и свѣдѣнія о качествахъ ея были представлены заводомъ Фаргеста. Слитки бессемеровой стали представляли ровный, плотный изломъ, безъ пузырей, или раковинъ; другіе образцы обработанной стали показывали, въ изломѣ своемъ, хорошія качества ея. Между образцами были ружейные стволы бессемеровской стали, въ постепенности разработки ихъ (черповой), которая представляетъ отличіе отъ способа другихъ заводовъ. Кусокъ стали

для ствола выковывается по формѣ, изображенной на фиг. 11; въ немъ продавливается, помощію гидравлическаго пресса, дыра, послѣ чего онъ проковывается на оправкѣ и вытягивается въ длину (фиг. 12), затѣмъ прокатывается въ валкахъ (фиг. 13) и окончательно пропускается въ коническій ручей валковъ (фиг. 14). Приложенныя къ образцамъ свидѣтельства удостовѣряютъ въ отличномъ качествѣ ствольныхъ, такимъ способомъ приготовленныхъ. Содержаніе углерода въ ствольной стали до 0,3 ‰. Кромѣ того, были представлены съ разныхъ заводовъ стальные оси, кривошипы, рессоры, древорѣзные пилы и проч.

Заводъ Фагерста представилъ въ таблицахъ результаты испытаній, произведенныхъ въ Лондонѣ Дав. Киркальди надъ сопротивленіемъ стали, при разныхъ условіяхъ обработки. Испытанія эти интересовали многихъ знакомыхъ съ дѣломъ, и я считаю не лишнимъ привести здѣсь эти таблицы.

Бессемеровская сталь завода Фагерста имѣетъ слѣдующій составъ:

	Углерода.	Кремнія.	Марганца.	Фосфора.	Сѣры.
Сталь для листовъ, для рельсовъ и проч.	0,085	0,008	Слѣды.	0,025	Слѣды.
Сталь для ствольныхъ, осей и т. п.	0,25	0,036	0,234	0,022	»
Сталь для рѣзущихъ инструментовъ, для полотенъ на пилы, косы и пр.	0,70	0,032	0,256	0,023	»
Сталь для зубилъ, токарныхъ рѣзцовъ и т. п.	1,05	0,067	0,355	0,028	»

Шлаки, взятыя при концѣ операціи, содержатъ:

Кремнезема	46,70
Глинозема	4,24
Извести	0,48
Горькозема	0,17
Закуси марганца	32,37
» желѣза	15,63

1. ПРОБА РАСТЯЖЕНІЕМЪ.

Кованая бессемеровская сталь разной твердости.

Длина пробныхъ прутковъ = 9 диаметрамъ.

Прутки въ 2 кв. дюйма, означенные числами.	Грузъ на предѣлъ упругости, А.	Наибольшій грузъ, В.	Отношеніе между А и В, въ процентахъ.	Уменьшеніе площади сѣченія при разрывѣ, въ проц.	Удлиненіе.			Видъ излома.
					При 60,000	При 80,000	Полное	
	На кв. дюймъ, фунты.				Фунты на кв дюймъ въ процентахъ.			
1 ₁₂	62,033	85,200	73 ₁	2 ₆₅	0 ₁₀₀	1 ₃₂	1 ₁₁	100% зернист.
0 ₁₀	63,066	106,613	59 ₄	6 ₄₄	0 ₃₀₀	1 ₄₂	5 ₁₁	» »
0 ₁₆	58,100	102,632	56 ₆	14 ₄₃	0 ₃₄₉	1 ₈₄	6 ₃₆	» »
0 ₂₃	43,100	61,312	70 ₃₃	61 ₅₂	—	—	16 ₅	» жилков.

Средній выводъ изъ каждыя трехъ пробъ.

2. ПРОБА СКРУЧИВАШЕМЪ.

Длина рычага = 12 дюймъ. Длина пробнаго прутка = 12 дюймъ.

Прутки въ 2 кв. дюйма, подѣленные на части.	Грузъ на предѣлъ упругости, А.	Наибольшій грузъ, В.	Отношеніе между А и В, въ процентахъ.	Полное скручиваніе, 1 оборотъ = 1,0	ПРИМѢЧАНІЕ
1 ₁₂	4,135	2,120			
0 ₁₀	1,125	2,336	48 ₂	0 ₁₇₉₃	Одинъ конецъ отломился, другой при одномъ испытаніи не отломился.
0 ₁₆	1,083	2,261	48 ₃	1 ₁₀₂₁	Тоже.
0 ₂₃	0,763	1,520	50 ₂	3 ₂₁₉	Одинъ конецъ отломился; другой при одномъ опытѣ не отломился, а при другомъ—надломился.

Средній выводъ изъ каждыя трехъ пробъ.

3. ПРОБА ДАВЛЕНИЕМЪ.

Прутки въ 2 кв. дюйма	Грузъ на предѣль упругости.	Наибольшій грузъ.		Остающееся сжатіе въ		Примѣчаніе.	Грузъ на предѣль упругости	Наибольшій грузъ		Остающееся сжатіе въ		Примѣчаніе.
	Фунт. на 1 кв. дюйм.	Дюймахъ.	%	Фунт. на 1 кв. дюйм.	Дюймахъ.		%					
Длина = 1 диаметру.				Длина = 2-мъ диаметрамъ								
1,2	64,000	200,000	0,236	20,9	Пробы выпучились.		63,333	169,907	—	—	66% раздавл.	
0,9	62,666	200,000	0,252	22,7			58,666	173,287	—	—	33% »	
0,6	60,000	200,000	0,294	26,0			57,333	156,000	0,517	23,0	Сдавлены на косо.	
0,3	39,000	200,000	0,543	48,1			42,000	121,333	0,823	36,8		
Длина = 4 диаметрамъ				Длина = 8-ми диаметрамъ.								
1,2	62,333	133,333	0,400	8,9	Сдавлены на косо.		61,666	102,173	—	—	Выпучились и частью съли.	
0,9	58,666	117,560	0,304	6,8			58,000	95,207	0,324	3,75		
0,6	53,333	105,333	0,248	5,5			52,666	84,827	0,355	4,70	Выпучились.	
0,3	41,000	81,760	0,3844	18,8			40,666	47,513	0,435	4,8		
Числа среднія изъ 3 опытовъ.												

4. ПРОБА СГИБАНИЕМЪ.

Разстояніе между точками опоры — 20 д. Поперечное сѣченіе 1,9×1,9 д ВD²=6,859.

Прутки въ 2 кв. д., со знаками.	Грузъ, соответствующій предѣлу упругости А	Наибольшій грузъ В.		Отношеніе груза А къ грузу В.	Окончательная величина прогиба въ дюймахъ.	Предѣль упругости.	Наибольшая нагрузка.	ПРИМѢЧАНІЕ.
	Въ фунт. на 1 кв. дюйм.	На единицу В D ² .						
1,2	21,133	32,589	66,70	0,78	3,081	4,800	Сломался.	
0,6	21,700	43,833	49,6	1,49	3,164	6,390	»	
0,6	18,333	38,145	48,10	3,31	2,883	5,568	Не сломался, а согнулся.	
0,3	15,767	25,283	62,3	5,14	2,299	3,686		

5. Для опредѣленія вліянія болѣе или менѣе продолжительной проковки, равно какъ отжога послѣ ковки произведены были нижеприведенные опыты.

...ой проковки, равно какъ отжога послѣ ковки произведены были нижеприведенные опыты.

Прутки длиной въ 10 дюймовъ неотожженные.												
СПОСОБЪ ОБРАБОТКИ.	Свѣченіе прутка въ дюймахъ.		Прутокъ былъ обточень.		Грузъ соответствующій предѣлу упругости	Наибольшая нагрузка къ В.	Отношеніе А къ В.	Уменьшеніе поперечнаго сѣченія.	Удлиненіе.			ВИДЪ ИЗЛОМА
	Поперечникъ прутка въ дюймахъ.	Свѣченіе въ квадр. дюймахъ.	Въ фунтахъ на квадр. дюймъ.	Въ процентахъ.					При 5,000 ф. на 1 кв. дюймъ.	При 6,000 ф. на кв. д.	При послѣдней нагрузкѣ.	
Сталь означенная 0,8												
Кованая	2×2	1.335	1.400	66.500	98.624	67,4	3,2	0,00	0,03	2,2	100% зернист.	
"	3×3	1.335	1.400	58.100	84.275	68,9	2,3	0,02	0,035	1,9	"	
"	4×4	1.597	2.000	55.300	76.410	72,4	2,2	0,04	0,42	1,7	"	
"	5×5	1.514	1.800	49.500	69.100	71,6	1,8	0,14	0,52	1,4	"	
"		1.514	1.800	49.500	68.980	71,8	1,8	0,14	0,50	1,4	"	
Литая	6×6	1.694	2.250	48.200	67.885	71,0	1,6	0,22	0,58	1,2	"	
		1.694	2.250	47.100	66.440	70,9	1,4	0,25	0,69	1,0	"	
Сталь означенная 0,6												
Кованая	2×2	1.335	1.400	47.700	97.887	48,7	28,4	0,21	0,82	10,2	5% ж. 95% зернист.	
"	3×3	1.335	1.400	45.800	89.480	51,2	8,8	0,38	0,97	5,2	100% зернист.	
"	4×4	1.597	2.000	43.300	78.115	55,4	4,6	0,40	0,91	2,8	"	
"	5×5	1.514	1.800	39.200	65.493	59,9	1,8	0,60	1,25	1,4	"	
"		1.514	1.800	39.100	62.040	63,0	1,8	0,62	1,28	1,4	"	
Литая	6×6	1.694	2.250	38.300	69.910	54,8	2,7	0,81	1,53	2,3	"	
		1.597	2.000	38.800	66.550	58,3	2,3	0,64	1,22	1,7	"	
Сталь означенная чрезъ 0,4												
Кованая	2×2	1.335	1.400	39.200	75.013	52,3	52,5	2,12	4,08	17,9	100% зернист.	
"	3×3	1.335	1.400	35.800	73.580	48,7	41,7	2,24	4,16	16,7	30% ж. и 70% зернист.	
"	4×4	1.597	2.000	32.300	72.260	44,7	18,6	2,32	4,32	13,8	100% зернист.	
"	5×5	1.514	1.800	29.900	61.960	48,3	5,8	2,72	4,90	5,4	"	
"		1.514	1.800	29.800	61.707	48,3	5,8	2,82	5,32	5,7	"	
Литая	6×6	1.694	2.250	28.400	56.310	50,4	4,4	2,70	"	3,7	"	
		1.694	2.250	28.200	54.135	52,1	4,0	2,69	"	3,2	"	
Сталь означенная чрезъ 0,2												
Кованая	2×2	1.335	1.400	35.200	59.940	58,7	61,3	1,70	5,00	22,5	100% ж. и зернист.	
"	3×3	1.335	1.400	34.100	59.397	57,4	60,4	2,67	6,10	25,9	"	
"	4×4	1.597	2.000	30.300	58.055	52,2	52,5	2,95	6,73	21,1	"	
"	5×5	1.514	1.800	25.400	56.107	45,3	22,8	3,23	7,87	19,2	"	
"		1.514	1.800	25.200	55.520	45,6	28,5	3,47	8,37	19,8	"	
Литая	6×6	1.694	2.250	22.300	55.740	40,0	14,2	3,68	7,89	14,9	"	
		1.694	2.250	22.100	50.056	44,2	9,0	3,93	8,38	8,4	"	

*) Эти образцы нѣсколько пузыристы.

Прутки длиной въ 10 дюймовъ отожженные.												
Грузъ соответствующій предѣлу упругости А.	Наибольшій грузъ В.	Отношеніе А къ В.	Уменьшеніе сѣченія.	Удлиненіе.		При послѣдней нагрузкѣ.	ВИДЪ ИЗЛОМА.					
				При 50.000 ф.	При 60.000 ф.							
				На квадратный дюймъ.								
Въ фунтахъ на кв. д.		Въ процентахъ.		Въ процентахъ.		При послѣдней нагрузкѣ.						
Сталь означенная чрезъ 0,8.												
47.500	86.073	55,2	8,1	0,67	1,42	5,5	100% зернистаго.					
45.200	77.480	58,3	5,2	0,90	1,59	3,8	"					
42.400	74.935	56,6	3,5	0,99	1,79	3,0	"					
38.900	66.560	58,6	3,1	0,98	1,73	2,5	"					
39.800	62.120	64,1	1,8	0,60	1,27	1,0	"					
38.100	63.960	59,6	2,7	1,12	1,89	2,1	"					
39.600	63.125	62,7	1,6	0,70	1,29	1,4	"					
Сталь означенная чрезъ 0,6												
46.300	91.807	50,4	46,0	0,30	1,73	12	100% ж. и зернистаго.					
42.100	86.213	48,8	28,4	0,67	2,00	11,8	5% ж. и 95% зернистаго.					
40.200	75.990	52,9	5,7	0,74	1,44	4,2	100% зернистаго.					
38.200	60.520	63,1	3,1	1,17	2,02	2,1	"					
38.100	60.147	63,3	3,1	1,32	2,14	2,2	"					
36.500	84.032	43,6	27,6	1,30	2,26	12,3	10% ж. и 90% зернистаго.					
37.800	64.055	59,0	2,3	1,09	1,97	2,2	100% зернистаго.					
Сталь означенная чрезъ 0,4.												
36.500	70.787	51,6	57,6	3,13	6,02	19,1	100% ж. и зернистаго.					
32.100	68.653	46,8	55,6	3,37	6,39	19,0	"					
30.200	69.480	43,5	35,7	2,72	5,13	20,7	15% ж. и 85% зернистаго.					
28.300	61.407	46,1	9,5	3,30	6,55	7,0	* 100% зернистаго					
28.300	60.010	47,2	7,1	3,17	5,79	5,8	"					
26.200	55.920	46,9	6,1	3,52	"	4,8	"					
26.100	50.085	52,1	4,4	3,60	"	3,7	"					
Сталь означенная чрезъ 0,2.												
33.100	56.347	58,7	64,1	3,40	8,32	22,2	100% ж. и зернистаго.					
31.100	68.653	46,8	55,6	3,37	6,39	19,0	"					
28.400	56.860	49,9	50,8	3,57	8,35	20,7	"					
22.900	54.447	42,1	41,3	4,16	9,60	24,1	"					
22.800	51.640	44,2	24,5	4,18	9,98	12,3	"					
20.200	53.753	37,6	28,6	4,39	10,82	19,3	"					
20.100	51.845	38,8	25,7	4,50	11,14	17,1	"					

*) Эти пробы нѣсколько пузыристы.

Б. Для опредѣленія вліянія способа механической обрабо

Прутки длиною въ 10 дюймовъ неотожженные.												
СПОСОБЪ ОБРАБОТКИ.	Сѣченіе прутка въ дюймахъ.	Прутки были об- точены.		Нагрузка соотвѣ- ствующая предѣ- лу упругости А.	Наибольшій грузъ В.	Отношеніе А къ В.	Уменьшеніе попереч- наго сѣченія.	Удлиненіе.		При окончательной нагрузкѣ.		
		Поперечникъ въ дюймахъ.	Сѣченіе въ кв. дюймахъ.					Въ фунтахъ на квадр. дюймъ.	Въ процентахъ.		При 50,000	При 60,000
											фунтахъ.	фунтахъ.
Сталь означенная чрезъ 1,0.												
Прокованная	1/2 x 1/2	0,357	0,100	94,200	135,720	69,4	20,0	—	0,00	5,7		
Прокатанная		0,357	0,100	78,600	139,980	56,2	20,0	—	0,00	7,3		
Прокованная	1 x 1	0,619	0,300	80,500	123,060	65,4	10,2	—	0,00	5,3		
Прокатанная		0,619	0,300	72,200	129,280	55,8	12,8	—	0,00	6,1		
Прокованная	1 1/2 x 1 1/2	1,009	0,800	70,300	103,950	67,6	3,8	—	0,10	2,0		
Прокатанная		1,009	0,800	66,800	111,560	59,9	4,6	—	0,52	2,5		
Прокованная	2 x 2	1,335	1,400	68,200	83,727	81,2	1,9	—	0,37	1,3		
Прокатанная		1,335	1,400	65,100	94,187	69,1	2,0	—	0,72	1,6		
Прокованная	2 1/2 x 2 1/2	1,597	2,000	65,600	78,620	83,4	0,8	—	0,50	0,7		
Прокатанная		1,597	2,000	64,500	84,090	76,7	0,9	—	0,32	0,8		
Прокованная	3 x 3	1,785	2,500	61,500	70,262	87,5	0,4	—	0,34	0,4		
Прокатанная		1,785	2,500	60,200	75,605	79,6	0,5	—	0,30	0,6		
Сталь означенная чрезъ 0,5.												
Прокованная	1/2 x 1/2	0,357	0,100	78,300	95,960	81,6	47,0	0,00	0,00	6,9		
Прокатанная		0,357	0,100	46,800	90,730	51,6	43,0	1,10	1,95	16,0		
Прокованная	1 x 1	0,619	0,300	49,800	83,720	59,5	44,7	0,22	2,30	16,0		
Прокатанная		0,619	0,300	43,100	87,760	49,1	29,3	1,02	1,84	16,2		
Прокованная	1 1/2 x 1 1/2	1,009	0,800	46,700	77,720	60,1	38,8	0,72	2,17	12,6		
Прокатанная		1,009	0,800	40,500	79,280	51,1	15,8	1,10	2,12	10,2		
Прокованная	2 x 2	1,382	1,500	44,800	80,920	55,4	35,5	1,21	2,55	19,2		
Прокатанная		1,382	1,500	38,300	84,073	45,6	20,8	1,38	2,57	15,9		
Прокованная	2 1/2 x 2 1/2	1,694	2,250	34,700	78,840	44,0	26,2	1,81	3,40	21,4		
Прокатанная		1,694	2,250	36,600	72,585	50,4	10,3	1,55	2,80	8,2		
Прокованная	3 x 3	1,994	3,000	38,800	70,080	55,4	4,4	0,66	1,24	2,3		
Прокатанная		1,994	3,000	30,400	62,393	48,7	4,4	1,20	1,98	2,5		
Сталь означенная чрезъ 0,15.												
Прокованная	1/2 x 1/2	0,357	0,100	57,500	72,140	79,7	59,0	0,000	0,00	10,1		
Прокатанная		0,357	0,100	33,800	60,780	55,6	72,0	3,41	9,48	22,2		
Прокованная	1 x 1	0,619	0,300	48,600	65,220	77,9	64,3	0,00	0,42	15,4		
Прокатанная		0,619	0,300	31,200	54,560	57,2	69,7	4,59	9,98	27,8		
Прокованная	1 1/2 x 1 1/2	1,009	0,800	39,500	58,110	68,0	58,6	0,29	2,87	13,0		
Прокатанная		1,009	0,800	29,300	57,960	50,6	56,0	3,10	7,40	27,3		
Прокованная	2 x 2	1,382	1,500	36,200	56,093	64,5	58,5	0,44	6,70	29,8		
Прокатанная		1,382	1,500	27,500	57,453	47,8	51,8	3,00	7,19	28,6		
Прокованная	2 1/2 x 2 1/2	1,694	2,250	33,000	56,820	59,1	48,8	2,02	5,90	26,4		
Прокатанная		1,694	2,250	25,000	57,345	43,9	31,4	3,26	7,48	20,2		
Прокованная	3 x 3	1,994	3,000	28,400	56,623	50,2	41,9	2,54	7,82	25,2		
Прокатанная		1,994	3,000	22,900	52,962	43,2	57,8	4,41	12,10	31,1		

тки, ковки и прокатки, произведены слѣдующіе опыты.

Прутки длиною въ 10 дюймовъ отоженные.										
ВИДЪ ИЗЛОМА.	Грузъ соответствую- щій предѣлу упру- сти А.	Наибольшая нагрузка В.	Отношеніе А къ В.	Уменьшеніе попереч- наго сѣченія.	Удлиненіе при.			ВИДЪ ИЗЛОМА.		
					50000 ф.	60000 ф.	Оконча- тельной нагрузки къ.			
					на кв. дюймъ.					
Въ фунтахъ на квадр. дюймъ.			Въ процентахъ.							
Сталь означаемая чрезъ 1,0.										
100% зернистаго.	69,700	122,760	56,8	25,0	0,00	0,12	8,3	15% зернистаго.		
100 »	64,800	127,980	50,6	30,0	0,00	0,20	8,5	80% »		
» »	66,500	117,810	56,4	12,0	0,00	0,26	7,4	100 »		
» »	61,200	118,740	51,5	18,0	0,00	0,40	6,0	90 »		
» »	58,600	102,160	57,4	7,6	0,07	0,68	4,8	100 »		
» »	53,700	108,740	49,4	7,9	0,13	0,61	4,7	» »		
» »	50,800	82,271	61,7	5,2	0,66	1,35	4,4	» »		
» »	46,500	91,310	50,9	5,5	0,89	1,40	4,6	» »		
» »	43,800	79,840	54,9	4,6	1,33	2,30	3,3	» »		
» »	41,900	82,810	50,6	5,7	1,37	2,32	3,8	» »		
» »	46,700	70,925	65,8	1,6	1,01	1,47	1,7	» »		
» »	44,300	72,915	60,7	2,8	1,09	1,50	2,0	» »		
Сталь означаемая чрезъ 0,5.										
100% жлы.	47,800	82,120	58,2	55,0	0,18	1,56	7,7	100% жлы.		
» »	41,200	80,210	51,4	51,0	1,62	3,15	9,8	» »		
» »	40,800	78,650	51,6	54,0	1,98	3,38	15,2	» »		
» »	40,100	83,720	47,9	39,7	1,22	2,28	11,3	70% »		
100% зернист.	40,300	77,810	54,4	47,7	0,82	2,62	13,7	100% »		
» »	37,800	82,780	45,7	38,7	1,49	2,66	15,2	70% зернистаго.		
65 »	41,300	78,893	52,4	41,2	1,39	2,71	17,7	50% »		
70 »	36,100	80,330	54,6	38,9	1,80	3,21	16,8	» »		
80 »	31,300	66,140	47,3	45,4	3,02	5,90	14,7	60% »		
100 »	32,700	71,630	45,6	35,5	2,52	4,56	13,8	80% »		
» »	29,800	69,640	42,8	8,4	2,10	3,84	7,7	100 »		
» »	27,600	60,193	45,8	5,4	2,16	2,60	3,8	» »		
Сталь означаемая чрезъ 0,15.										
100% жлы.	31,900	56,870	56,1	75,0	2,12	6,25	12,6	100% зернистаго.		
» »	27,900	52,640	53,0	78,0	4,41	13,80	32,1	» »		
» »	29,900	54,790	54,6	69,7	2,30	9,21	15,0	» »		
» »	26,800	53,210	54,4	73,3	2,84	12,78	30,8	» »		
» »	28,400	52,970	53,6	69,2	1,94	8,62	19,1	» »		
» »	26,200	54,480	48,1	68,1	3,08	9,50	22,7	» »		
» »	28,400	53,973	52,6	67,3	1,92	7,51	28,7	» »		
95% »	25,800	55,779	46,3	62,2	3,28	7,88	25,2	» »		
100% »	28,500	52,220	54,6	67,9	3,20	9,30	24,8	» »		
» зернистаго.	23,800	53,090	44,8	60,1	4,48	10,45	28,7	» »		
60% »	24,600	51,587	47,7	52,3	3,88	13,20	26,0	95% »		
10 жлы.	20,900	50,227	41,6	64,2	5,32	18,40	32,7	100% »		

7. Увеличеніе длины при постепенномъ увеличеніи растяженія.

Прокатанная листовая (котельная) сталь, означенная чрезъ 0,15. Длина брусковъ 100 дюймовъ.

Толщина брусковъ въ дюймахъ.	Нагрузка въ фунтахъ на квадратный дюймъ.											Грузъ соответствующій предѣлу упругости А.	Наибольшая нагрузка В.	Отношеніе А къ В.											
	10,000	12,000	16,000	18,000	20,000	22,000	24,000	26,000	28,000	30,000	32,000				34,000	36,000	38,000	40,000	42,000	44,000	46,000	48,000	50,000	54,000	
	Удлиненіе въ дюймахъ.																								
	Н Е О Т О Ж Ж Е Н Н А Я.																								
0,125	0,022	0,029	0,043	0,050	0,057	0,064	0,071	0,078	0,086	0,094	0,102	0,111	0,121	0,131	0,160	0,321	0,522	0,985	1,53	2,18	0,036	38,900	55,135	70,6	
0,245	0,027	0,034	0,048	0,056	0,064	0,072	0,079	0,086	0,094	0,102	0,110	0,118	0,133	0,151	0,428	1,84	2,700	3,26	4,15	5,34	0,041	35,600	54,140	65,7	
0,380	0,030	0,038	0,054	0,062	0,070	0,078	0,086	0,104	0,204	0,175	2,49	3,07	3,83	4,63	5,40	6,56	8,05	10,45	14,55	—	0,046	25,400	48,925	51,9	
0,500	0,028	0,034	0,046	0,052	0,058	0,064	0,070	0,077	0,130	0,645	1,92	2,45	3,08	3,61	4,59	5,55	7,00	8,55	11,00	14,15	0,040	27,500	50,160	54,8	
0,625	0,029	0,035	0,047	0,053	0,059	0,065	0,071	0,078	0,310	1,35	2,10	2,60	3,12	3,79	4,78	5,90	7,05	8,85	11,95	—	0,040	26,100	49,280	52,9	
	О Т О Ж Ж Е Н Н А Я.																								
0,124	0,032	0,039	0,053	0,060	0,067	0,074	0,081	0,091	0,256	0,591	0,908	1,38	3,19	4,92	6,25	7,85	9,98	—	—	—	0,046	26,700	45,460	58,7	
0,255	0,027	0,034	0,048	0,055	0,063	0,070	0,077	0,084	0,092	0,102	0,211	0,819	1,80	3,13	4,31	5,82	6,90	8,20	10,58	—	0,041	29,800	49,605	60,1	
0,380	0,032	0,040	0,056	0,064	0,072	0,080	0,088	0,104	0,220	0,551	1,64	2,93	4,33	5,11	6,12	7,20	9,87	13,25	—	—	0,048	25,900	46,740	55,4	
0,500	0,032	0,039	0,053	0,060	0,066	0,072	0,078	0,084	0,112	0,330	1,08	2,56	3,60	4,24	5,20	6,32	7,45	9,57	11,51	—	0,046	27,300	49,490	55,2	
0,625	0,034	0,041	0,055	0,062	0,069	0,076	0,084	0,124	0,346	0,170	2,53	3,19	3,80	4,72	5,88	7,35	8,80	11,86	—	—	0,048	25,200	47,455	53,1	

8. Для того чтобы замѣтить увеличеніе длины на различныхъ пяти-дюймовыхъ частей и отдѣльно измѣрено

частяхъ бруска, каждый брусокъ былъ раздѣленъ на двадцать увеличеніе длины отдѣльныхъ промежутковъ.

Первоначальныя		Оставшееся окончательно удлиненіе въ каждомъ промежутковъ, в										
размѣры въ дюймахъ.	поперечное сѣченіе въ кв. д.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Н Е О Т О Ж И										
2,22×0,125	0,277	0,12	0,12	0,20	0,26	0,21	0,17	0,16	0,16	0,21	0,22	0,20
2,27×0,245	0,556	1,30	1,01	0,64	0,52	0,54	0,36	0,20	0,40	0,48	0,42	0,42
2,28×0,380	0,866	0,90	1,09	1,12	1,38	1,29	1,31	1,00	0,90	0,78	0,85	0,70
2,27×0,500	1,135	0,88	1,04	0,99	0,86	0,78	0,66	0,66	0,66	0,65	0,60	0,62
2,26×0,625	1,412	0,97	2,29	1,01	0,97	0,83	0,70	0,55	0,70	0,79	0,81	0,90
О Т О Ж Ж И												
2,24×0,124	0,277	0,45	0,45	0,40	0,27	0,30	0,40	0,40	0,45	0,80	0,98	0,98
2,26×0,255	0,576	0,60	0,54	0,42	0,48	0,68	0,98	0,89	0,72	0,89	0,96	0,78
2,27×0,380	0,862	0,82	0,94	2,07	0,93	0,80	0,78	1,04	0,90	0,78	0,73	0,81
2,26×0,500	1,130	0,96	0,92	0,73	0,89	0,81	0,81	0,71	0,70	0,80	0,80	0,82
2,26×0,625	1,412	0,75	0,75	0,82	0,82	0,89	1,05	1,19	1,21	2,13	0,92	0,88

Числа подчеркнуты снизу соотвѣ

ОМЪ ИЗЪ ДВАДЦАТИ 5-и-ДЮЙМОВЫХЪ ДЮЙМАХЪ.										Окончательныя		Уменьшеніе попереч. сѣченія въ процент.	Остающееся удлиненіе въ дюймахъ.	Видъ излома.
12	13	14	15	16	17	18	19	20	размѣры въ дюймахъ.	поперечное сѣченіе въ кв. д.				
Е Н Н А Я.														
0,20	0,32	0,27	0,28	0,36	0,37	0,37	0,45	0,55	2,15×0,08	0,172	37,9	5,21		
0,42	0,42	0,40	0,32	0,38	0,38	0,49	0,51	0,56	1,72×0,13	0,224	59,7	10,17		
0,72	0,95	1,01	1,12	1,73	1,00	0,97	0,96	0,86	1,62×0,15	0,251	71,0	20,64		
0,63	0,64	0,60	0,65	0,75	0,76	0,80	2,05	1,08	1,57×0,28	0,440	61,2	16,30		
0,99	0,80	0,72	0,55	0,80	0,86	0,87	0,80	0,80	1,50×0,37	0,555	60,7	17,95		
Н Н А Я.														
1,28	0,54	0,48	0,53	0,65	0,56	0,41	0,33	0,32	1,97×0,05	0,098	64,6	10,98		
0,68	0,70	0,98	1,05	0,83	1,08	1,93	0,97	0,72	1,70×0,11	0,187	67,5	16,88		
0,96	0,93	0,93	1,12	1,00	0,78	0,64	0,62	0,61	1,64×0,16	0,262	69,6	18,19		
0,85	0,99	2,08	1,09	1,06	1,06	1,03	1,02	1,00	1,55×0,26	0,403	64,3	19,15		
0,82	0,79	0,68	0,65	0,61	0,61	0,66	0,62	0,60	1,49×0,35	0,521	63,1	17,45		

ствуютъ разрыву.

100 % ЖЕЛѢ.

100 % ЖЕЛѢ.

10. Для опредѣленія уменьшенія длины отдѣльныхъ частей бруска, 5-ти дюймовъ длины, и затѣмъ

послѣдній раздѣленъ на 20 отдѣльныхъ частей, каждая по каждой часть отдѣльно измѣрена.

Первоначальные,		Уменьшеніе длины каждого пятидюймоваго промежутка, въ дюймахъ.																				Остатокъ скалѣ на 100 д. въ дюймахъ.
размѣры въ дюймахъ.	поперечное сѣченіе въ кв. д.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		Н Е О Т О Ж Е Н Н А Я.																				
2,27×0,125	0,283	0,14	0,14	0,11	0,10	0,07	0,09	0,07	0,06	0,05	0,07	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,09	0,05	0,06	0,10	1,83
2,27×0,248	0,563	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10	0,08	0,05	0,10	0,07	0,09	0,07	0,06	0,10	0,10	0,11	0,10	0,12	0,12	1,91
2,26×0,380	0,858	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	1,90
2,26×0,500	1,130	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,09	0,07	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,09	0,10	0,09	0,10	1,95
2,27×0,625	1,418	0,10	0,08	0,08	0,09	0,09	0,07	0,12	0,07	0,08	0,10	0,12	0,12	0,08	0,12	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	1,93
		О Т О Ж Е Н Н А Я.																				
2,26×0,122	0,275	0,08	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,13	0,11	0,10	0,08	0,05	0,09	0,06	0,10	0,09	0,03	0,09	0,11	0,10	0,10	1,96
2,26×0,255	0,576	0,09	0,13	0,09	0,13	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,15	0,09	0,05	0,02	0,07	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,09	1,97
2,27×0,380	0,862	0,05	0,08	0,11	0,10	0,10	0,10	0,08	0,12	0,05	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,09	0,09	1,92
2,27×0,500	1,135	0,11	0,09	0,12	0,11	0,07	0,10	0,11	0,06	0,11	0,10	0,07	0,13	0,12	0,08	0,11	0,09	0,10	0,12	0,10	0,10	2,00
2,26×0,628	1,419	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,10	0,08	0,08	0,09	0,09	0,11	0,11	0,08	0,11	0,11	0,08	0,08	1,90

11. Опыты надъ опредѣленіемъ вліянія формы.

Стальные пластинки различной толщины, означенныя чрезъ 0,15.

Свойства испытываемаго бруска.	Первоначальные.		Грузъ соответствующій предѣлу упругости А.	Наибольшая нагрузка В.	Отношеніе А. къ В.	Уменьшеніе поперечнаго сеченія при нагрузкѣ.	Растяженіе при		Видъ излома.
	Размѣры въ дюймахъ.	Поперечное сѣченіе въ квадратныхъ дюймахъ.					въ футахъ на кв. д.	въ процентахъ.	
Стальные листы 10 д. шириною; длина = ширинѣ.									
Неотожженные.	9,95 × 0,129	1,283	53,300	74,915	71,1	43,1	0,00	10,8	Жилковатый.
	9,95 × 0,250	2,487	37,900	60,480	62,7	48,5	0,22	28,2	
	9,95 × 0,380	3,781	29,500	51,456	57,3	59,3	7,33	36,1	
	9,95 × 0,495	4,925	31,100	55,803	55,7	50,0	5,82	36,4	
	9,95 × 0,625	6,218	28,000	52,924	52,9	55,1	6,66	37,2	
Отожженные.	9,95 × 0,124	1,233	35,500	57,485	61,8	57,1	1,11	22,9	Жилковатый.
	9,95 × 0,255	2,537	33,800	54,543	62,0	60,9	3,90	33,8	
	9,95 × 0,380	3,781	28,900	51,076	56,6	63,4	7,39	35,8	
	9,95 × 0,490	4,875	27,800	51,338	54,2	61,0	8,70	38,5	
	9,95 × 0,628	6,248	25,500	50,432	50,6	62,0	9,98	34,4	
Стальные листы 1,5 д. шириною; длина = утроенной ширинѣ.									
Неотожженные.	1,5 × 0,129	0,193	50,500	71,940	70,2	47,1	0,00	13,5	Жилковатый.
	1,5 × 0,250	0,375	35,400	56,740	62,4	54,2	1,03	35,5	
	1,5 × 0,380	0,570	29,300	50,345	58,2	62,5	7,81	41,5	
	1,5 × 0,495	0,742	30,800	54,425	56,6	58,6	6,04	40,0	
	1,5 × 0,625	0,937	28,300	52,475	53,9	61,7	6,85	44,7	
Отожженные.	1,5 × 0,124	0,186	33,200	55,459	59,9	60,8	1,16	28,4	Жилковатый.
	1,5 × 0,255	0,382	30,500	52,715	57,9	63,5	4,69	40,1	
	1,5 × 0,380	0,570	28,100	50,350	55,8	63,6	8,23	42,0	
	1,5 × 0,490	0,735	27,900	50,842	54,9	65,1	8,79	42,5	
	1,5 × 0,628	0,942	25,700	50,025	51,4	64,3	9,37	43,5	

12. Опыты надъ продыравленными листами различной толщины; сталь означаемая чрезъ 0,15.

Въ каждомъ испытуемомъ листѣ сдѣлано нѣсколько рядовъ дыръ въ (каждомъ рядѣ по 5) диаметромъ въ 0,77 д. и такимъ образомъ вынута металл на 30,8% ширины листа.

Размѣры пробы.	Продыравленная отверстія.				Продыравленная отверстія.				Видъ ИЗЛОМА.	Разница въ пользу вывер-денныхъ дыръ относительно наруж.-удлин-ки веса въ процентахъ.	Конечная нагрузка въ фунтахъ.						
	Ширина.	Толщина.	Поперечное сѣченіе въ квадрат. дюймкахъ.	Въ процентахъ.	Въ процентахъ.	Въ процентахъ.	Въ процентахъ.	Въ процентахъ.									
		Окончательная нагрузка.	Разность.	Въ процентахъ.	Окончательная нагрузка.	Разность.	Въ процентахъ.	Окончательное удлин-неніе въ процентахъ.									
		из квадрат. дюймовъ, дюймъ, фунты.	на кв. дюймъ, фунты.	на кв. дюймъ, фунты.	Всего, дюймъ, фунты.	на кв. дюймъ, фунты.	Всего, дюймъ, фунты.										
12,5	× 0,129	1,612	90,420	56,091	13,824	25,13	5,7	100%	железов.	80,850	50,155	24,760	33,05	3,2	7,92	2,5	74,915
12,5	× 0,250	3,125	144780	46,330	14,150	23,39	14,1	»	»	129490	41,435	19,045	31,49	9,6	8,10	4,5	30,480
12,5	× 0,380	4,750	188270	39,636	11,820	22,97	17,2	»	»	169890	35,766	15,690	30,50	18,5	7,53	3,7	51,456
12,5	× 0,495	6,187	270290	43,680	12,123	21,123	18,7	»	»	189320	30,600	25,203	45,17	3,2	23,45	15,5	55,803
12,5	× 0,625	7,912	319110	40,849	12,075	22,82	19,0	»	»	210710	26,973	25,951	49,04	1,9	26,22	17,1	52,924
НЕОТЖЕЛЕННЫЕ ЛИСТЫ.																	
12,5	× 0,124	1,550	64,970	41,916	15,569	27,08	11,5	100%	железов.	59,760	32,555	18,930	32,93	10,3	5,85	1,2	57,485
12,5	× 0,250	3,187	129490	40,631	13,912	25,50	16,3	»	»	117890	36,991	17,552	32,20	14,6	6,70	1,5	54,543
12,5	× 0,380	4,760	182310	38,381	12,695	24,86	10,4	»	»	165960	34,939	16,137	31,60	18,1	6,74	1,3	51,076
12,5	× 0,490	6,125	241970	39,505	11,833	23,04	21,0	»	»	219730	35,874	15,464	30,12	19,3	7,08	1,7	51,338
12,5	× 0,628	7,850	300320	38,257	12,175	24,14	21,9	»	»	271870	34,633	17,599	31,32	20,7	7,18	1,2	50,432

ЛИСТЫ ОТОЖЕЛЕННЫЕ.

13. Прокатанные стальные листы (сталь означаемая чрезъ 0,15) испытаны на сопротивление выпучиванію.

Поперечникъ вырѣзанныхъ кружк. 12 д. попереч. кольца подкладываемаго подъ кружокъ 10 д.

Толщина кружка въ дюймахъ.	При нагрузкѣ въ фунтахъ.								Окончательное.		ПРИМѢЧАНІЯ.
	25,000	50,000	75,000	100,000	125,000	150,000	175,000	200,000	Выпучиваніе въ дюймахъ.	Нагрузка въ фунтахъ.	
	Выпучиваніе было въ дюймахъ.										
Неотожженные.											
0,625	0,44	0,97	1,33	1,61	1,92	2,15	2,42	2,77	3,44	219,310	безъ трещин.
0,500	0,68	1,20	1,58	1,93	2,28	2,73	—	—	3,33	160,890	»
0,380	0,89	1,51	2,01	2,68	—	—	—	—	3,22	105,070	»
0,255	1,09	1,86	—	—	—	—	—	—	3,11	71,540	»
0,124	1,36	—	—	—	—	—	—	—	3,00	32,485	прогнулось
0,625	0,45	0,98	1,36	1,67	1,96	2,19	2,48	2,88	3,44	212,060	безъ трещин.
0,500	0,65	1,16	1,53	1,86	2,21	2,62	—	—	3,33	164,580	»
0,380	0,92	1,55	2,06	2,81	—	—	—	—	3,22	104,620	»
0,245	1,03	1,68	—	—	—	—	—	—	3,11	72,060	»
0,125	1,58	—	—	—	—	—	—	—	3,00	28,310	прогнулось.
Отожженные.											
0,625	0,52	1,03	1,41	1,72	2,03	2,27	2,62	3,13	3,45	201,770	безъ трещ.
0,500	0,73	1,28	1,70	2,06	2,46	2,99	—	—	3,34	150,740	»
0,380	0,94	1,58	2,14	—	—	—	—	—	3,23	97,830	»
0,255	1,32	2,18	—	—	—	—	—	—	3,12	59,970	»
0,124	2,25	—	—	—	—	—	—	—	3,04	25,820	прогнулось.
0,625	0,54	1,06	1,45	1,79	2,12	2,38	2,75	—	3,45	194,240	безъ трещ.
0,500	0,72	1,26	1,67	2,02	2,43	2,94	—	—	3,34	157,720	»
0,380	1,04	1,69	2,28	—	—	—	—	—	2,23	93,380	»
0,245	1,34	2,25	—	—	—	—	—	—	3,12	58,880	»
0,125	2,33	—	—	—	—	—	—	—	3,04	25,050	прогнулось.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДОМЕННОГО ПРОЦЕССА.

Статья Франца Купельвизера ¹⁾.

Введение. Въ 1860 году, въ *Jahrbuch der k. k. Montan Lehranstalten von Leoben und Pribram* (т. IX стр. 281) появилась статья г-на Туннера: «Материалы для изучения доменной плавки посредствомъ прямыхъ опредѣленій». Въ статьѣ этой сообщаются результаты многочисленныхъ опытовъ, произведенныхъ частью на заводѣ *St. Stefan*, но главнѣйше на заводѣ *Ейзенерцъ*, надъ опредѣленіемъ температуры и состава газовъ на различныхъ горизонтахъ доменной печи, равно какъ и заключенія, выведенныя авторомъ на основаніи полученныхъ имъ данныхъ. Произведенныя послѣ этого въ другихъ странахъ изслѣдованія показали однако же неполноту опытовъ Туннера, вслѣдствіи чего послѣдній и ходатайствовалъ передъ правительствомъ о дарованіи ему средствъ для повторенія подобныхъ же опытовъ, причемъ веденіе ихъ рекомендовалъ поручить двумъ профессорамъ *Леобенской горной академіи*, г-дамъ *Купельвизеру* (профессору металлургіи) и *Шеффелю* (доценту по химіи). Представленіе это было уважено, и для производства опытовъ выбрана та же самая доменная печь (носящая имя графа *Врбна*) на заводѣ *Ейзенерцъ*, надъ которою трудился и Туннеръ. Выборъ этотъ объясняется тѣмъ, что всѣ доменные печи заводовъ: *Форденбергъ*, *Гифлау* и *Ейзенерцъ* проплавляютъ одинаковыя руды и вообще работаютъ при одинаковыхъ почти условіяхъ, за исключеніемъ лишь степени нагрѣва воздуха; а такъ какъ вышеназванные ученые имѣли въ виду изучить также вліяніе сильно нагрѣтаго дутья на ходъ плавки, то и выбрали для этой цѣли прежнюю печь, какъ работавшую съ дутьемъ, нагрѣтымъ сильнѣе нежели у другихъ печей.

Предполагавшіяся изслѣдованія имѣли цѣлью какъ опредѣленіе температуры на различныхъ горизонтахъ печи, такъ и изученіе тѣхъ измѣненій, которымъ подвергаются газы при восхожденіи, а твердыя вещества при нисхожденіи своемъ по шахтѣ печи. Результаты настоящаго изслѣдованія конечно гораздо полнѣе полученныхъ прежде, но все-таки не могутъ считаться вполне совершенными, такъ какъ лица, которымъ поручено было производство опытовъ, занимались ими впервые и неоднократно встрѣчались съ трудностями, для нихъ неизвѣстными.

Опредѣленіе температуры производилось по способу *Платнера*—помощью сплавовъ. Полученные этимъ путемъ результаты конечно не могутъ считаться

¹⁾ Переводъ Н. А. Юсса.

абсолютно вѣрными, тѣмъ не менѣ способъ этотъ представляетъ значительныя преимущества передъ другими способами опредѣленія температуры, въ особенности по простотѣ и легкости своей. Въ данномъ же случаѣ, для опредѣленія температуры внутри доменной печи старой конструкціи, съ толстыми стѣнами наружнаго корпуса, способъ этотъ представлялся единственно возможнымъ.

Что касается до измѣненій въ химическомъ составѣ опускающихся по шахтѣ твердыхъ веществъ, равно какъ и до вычисленія количества теплоты, расходуемой при различныхъ процессахъ, совершающихся внутри доменной печи, то въ данномъ случаѣ мы нѣсколько уклонились отъ пути, принятаго другими изслѣдователями. Въ то время какъ Окерманъ (см. Горн. Жур. 1873 № 5 и 6) при вычисленіяхъ своихъ беретъ за исходную точку единицу по вѣсу поступающаго въ печь угля, мы предпочли относить всѣ расчеты къ 100 ч. выплавленнаго чугуна, такъ какъ вѣсъ его, какъ товара, имѣющаго извѣстную цѣнность, опредѣляется всегда съ большою точностью. Мы беремъ не одну единицу—а сто, для того, чтобы избѣжать слишкомъ мелкихъ дробей, и говоримъ при этомъ не о центнерахъ, килограмахъ и др. опредѣленныхъ величинахъ, а просто о единицахъ по вѣсу, дабы не затруднять читателей нашихъ, которые могутъ по произволу подразумѣвать въ вычисленіяхъ этихъ ту единицу, къ которой они больше привыкли.

Описаніе доменной печи надъ которой производились опыты. Результаты дѣйствія печи.

Опыты производились сначала въ сентябрѣ 1871 года, а потомъ въ мартѣ 1872 года надъ доменной печью, изображенный на фиг. 1-й и 2-й; размѣры печи слѣдующія:

Высота печи отъ колошника до лещади	42 ф.
Діаметръ горна по лещади	5 »
» распара	7 » 6 д
» шахты у нижняго конца цилиндра, опущеннаго въ колошникъ	5 »
Діаметръ колошниковаго цилиндра	3 »
» » отверстія	2 » 6
Высота распара надъ лещадью	12 »
» колошниковаго цилиндра	7 »

Лещадь домны набивная—изъ трехъ слоевъ набойки. Нижній слой, толщиною въ 40 д., изъ массы, приготовленный изъ 4-хъ объемовъ толченаго кварца (изъ Тулля) и 1 ч. глины (изъ Бланско); на немъ лежитъ 4-хъ дюймовый

слой смѣси 6 ч. кварца (изъ Кайзерберга) и 1 ч. глины, а поверхъ этого пятнадцати дюймовый слой смѣси изъ 8 ч. магнезита и 1 ч. глины. Печь до высоты 13 ф. выложена изъ змѣвиевыхъ кирпичей, потомъ до высоты 22-хъ футовъ — изъ огнестоянныхъ кирпичей (съ завода Хладно), остальная же часть у колошника и газоотводовъ — изъ кирпича, приготовленного изъ глины Ерцберга.

Корпусъ печи массивный съ толстыми стѣнами, снабженными пазухами, наполненными дурными проводниками тепла.

Фурмы, числомъ четыре, лежатъ на высотѣ 20 д. надъ лещадыю; расположеніе ихъ видно на фиг. 2-й. Фурма, помѣщенная спереди печи, направлена прямо на центръ шахты, тогда какъ остальные три фурмы направлены такъ, что линіи, проходящія по длинѣ оси фурмъ, будутъ касательными къ кругу, описанному около центра шахты радиусомъ въ 6 д.

Объемъ печи равняется 1,120 куб. футамъ, въ томъ числѣ причитается:

- На нижнюю часть печи отъ лещади до распара 372 куб. ф.
- На верхнюю часть печи отъ распара до нижней кромки засыпнаго цилиндра.. . . . 714 »
- Объемъ остальной части, гдѣ помѣщается цилиндръ 34 »

Если представить себѣ печь раздѣленную на двѣ неравныя части горизонтальною плоскостью, проходящею чрезъ фурмы, въ такомъ случаѣ объемъ нижняго горна (части лежащей ниже фурмъ) будетъ=34 куб. ф., тогда какъ объемъ всего остального пространства = 1,086 куб. ф.

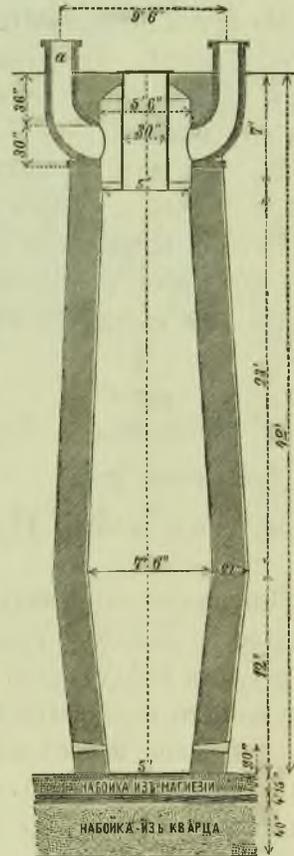
Печь была пущена въ ходъ 3-го октября 1870 года, стало быть почти за годъ до начала опытовъ. Средніе результаты дѣйствія будутъ слѣдующіе:

Въ колошу идетъ обыкновенно: двѣ мѣры (по 9,7356 куб. ф.) или, круглымъ числомъ, 19,5 куб. фута древеснаго угля.

400 ф. обожженной руды.

Горн. Журн. 1874 г. Т. II.

Фиг. 1.



Фиг. 2.



30 ф. флюса (сланецъ).

8 ф. вымытой изъ шлаковъ чугунной мелочи.

Въ сутки выплавляется, среднимъ числомъ, 390 ц. бѣлаго чугуна.

Изъ 100 ф. обожженной руды получается 50—52 ф. чугуна; расходъ горячаго составляетъ 9,54 куб. фута на 1 ц. выплавленного чугуна.

Во время производства опытовъ ходъ печи не былъ совершенно правиленъ, а потому мы приведемъ еще результаты дѣйствія печи впродолженіи 46-ой недѣли, считая отъ начала кампаніи, т. е. въ то время, когда производились опыты.

Въ семь дней прошло: 1355 колошъ, заключавшихъ въ себѣ 5326 ц. руды, 406 ц. флюса и 112,8 ц. чугунной мелочи. Израсходовано 1710 мѣръ угля древеснаго, а получено 2802 ц. бѣлаго штыковаго чугуна и 112,80 ц. чугунной мелочи, поступившей обратно въ шихту.

На 100 частей по вѣсу чугуна расходовалось:

руды	536,200: 2802 = 191,3 ч.
флюса	40,600: 2802 = 14,4 ч.
Древеснаго угля	$\frac{2710 \times 9,7356}{2802} = 9,416$ куб. футъ.
Чугунной мелочи	11,280: 2802 = 4,02 ед. по вѣсу.

Для расчетовъ нашихъ весьма важно съ возможною точностью опредѣлить количество шлаковъ, приходящееся на 1 ц. чугуна, поэтому, при шести одинъ за другимъ слѣдующихъ выпускахъ произведена была точная перевѣска всего полученнаго количества чугуна и шлака.

При одной перевѣскѣ получено: 138 ц. чугуна и 100 ц. 81 ф. шлака, слѣдовательно на 100 ч. чугуна приходится 73,05 ч. шлака, въ которомъ, впрочемъ, запутано еще небольшое количество чугуна. Вычитая вѣсъ послѣдняго (4,02 части), мы получимъ 69,03 ч. шлака, содержащаго, впрочемъ, отъ 4 до 5% влажности. Такимъ образомъ, на 100 ч. чугуна приходится въ дѣйствительности 65,5 до 66 ч. шлака.

Что касается до времени, то расчетъ намъ показываетъ, что:

	Въ 1 ч. проплавляется.	Въ 1 м. проплавляется.
Руды	3191,8 фунта	53,2 фунта.
Флюса.	241,7 ф.	4,02 ф.
Расходуется угля	1256,5 ф.	20,9 ф.
Получается чугуна	1667,8 ф.	27,8 ф.

Для вычисленія количества вдуваемаго въ печь воздуха опредѣлены слѣдующія данныя:

У фурмъ	№ 1	2	3	4
Діаметръ сопла	29 л.	29 л.	24 л.	24 л.
Температура въ градусахъ Цельзія	450°	280°	520°	280°
h, упругость въ лініяхъ ртути	29 л.	29 л.	29 л.	28 л.
h ₂ , давленіе газовъ внутри печи	5,3 л.	5,3 л.	5,3 л.	5,3 л.
b, высота барометра	26,5 д.	26,5 д.	26,5 д.	26,5 д.

Зная эти величины, мы вычисляемъ количество вдуваемаго воздуха (по формулѣ, приведенной въ сочиненіи Гауера—Hüttenwesens-Maschinen) и, относя его къ 0° и нормальному барометрическому давленію, находимъ, что величины эти будутъ: для фурмъ № 1 № 2 № 3 № 4

$$314 + 359 + 206 + 246 \text{ куб. фут.}$$

или всего 1125 куб. ф. въ минуту.

Замѣчательна большая разница въ температурѣ дутья у разныхъ фурмъ. Она объясняется тѣмъ, что фурмы № 1 и 3 лежатъ ближе къ воздухо-нагрѣвательному прибору, а трубы, проводящія воздухъ къ двумъ другимъ фурмамъ, положены въ каналахъ фундамента печи, гдѣ онѣ, по всей вѣроятности, подвергаются случайному охлажденію.

Количество воздуха, вдуваемое въ печь въ 1 минуту, равняется по вѣсу 82,70 фунтамъ и состоитъ, не принимая въ соображеніе влажности, изъ:

19,10 ф. кислорода

63,60 ф. азота.

Мы знаемъ, что 100 ф. чугуна выплавляются въ 3,597 минутъ времени; слѣдовательно, потребное на это количество воздуха составитъ 4044 куб. футовъ, или 296,70 фунт., въ коихъ будетъ заключаться:

кислорода. 6802 фунтовъ

азота 228,18 фунт.

Что касается до содержанія въ воздухѣ паровъ воды, то количество ея опредѣлено слѣдующимъ образомъ: При температурѣ 12° (средняя температура во время опытовъ) воздухъ можетъ содержать максимумъ 0,81% водянаго пара, что соотвѣтствуетъ 2,40 ф. воды. На самомъ дѣлѣ пирометръ показывалъ 0,55 полного насыщенія, слѣдовательно въ данномъ количествѣ воздуха заключалось 1,30 ф. воды, состоящихъ изъ

1,16 ф. кислорода и

0,14 ф. водорода.

Определение времени пребывания проплавленных веществъ внутри печи.

При первоначальномъ наполненіи углемъ печи, объемъ которой равенъ 1120 куб. ф., пошло всего 129 мѣръ или 1256 куб. фут. угля. Слѣдовательно послѣдній ложился въ печи настолько плотно, что занялъ 89,1% первоначальнаго объема своего.

Полная колоша состоитъ, какъ сказано выше, изъ 19,5 куб. ф. древеснаго угля и 380—400 фунт. или 3,5 куб. ф. руды, слѣдовательно объемъ ея = 23 куб. ф. Но такъ какъ руда поступаетъ въ домну въ видѣ мелкихъ кусковъ и благодаря своему большому удѣльному вѣсу, занимаетъ промежутки между крупными кусками угля, то почти незамѣтно измѣненія въ объемѣ угольной колоши отъ прибавленія руды. Прямой опытъ показалъ даже, что полная колоша угля и руды, засыпанная въ желѣзный цилиндръ занимаетъ всего объемъ 19,2 к. фута.

Для опредѣленія объема, дѣйствительно занимаемаго въ печи колошами, прямыхъ опытовъ произведено не было; но едвали можно предположить, чтобы онѣ заняли меньше мѣста чѣмъ одинъ древесный уголь, такъ какъ послѣдній ложится въ печи очень плотно и слѣдовательно оставляетъ мало промежутковъ, куда бы могли помѣститься куски руды.

Такъ какъ объемъ печи отъ колошника до фурмъ равенъ 1086 куб. футовъ, то для наполненія его потребовалось бы 62,5 колоши. Вліяніе упругости газовъ внутри печи на большую или меньшую плотность съ какою ложатся засыпаемые матеріалы, опредѣлить довольно трудно; не лишне будетъ замѣтить однакоже, что при упругости газовъ = 5,3 л. ртути, давленіе ихъ на площадь, равную площади горизонтальнаго сѣченія печи у фурмъ, будетъ равно 701 ф., т. е. вѣсу 1,2 колоши. Поэтому, если не принимать въ соображеніе тренія и другихъ сопротивленій, то увеличеніе занимаемаго колошами пространства, вслѣдствіе упругости газовъ, составитъ не болѣе 2% первоначальнаго объема ихъ.

Нужно замѣтить еще, что на количество помѣщающихся въ печи колошъ оказываетъ вліяніе между прочимъ и то обстоятельство, что уголь не доходитъ весь до фурмъ, но частію расходуется и выше. Какъ велико вліяніе это—мы можемъ вывести позже.

Для того, чтобы опредѣлить время прохожденія руды отъ колошника до фурмъ, завалена была двойная колоша руды, отъ которой первые куски показались у фурмы послѣ слѣдующихъ 48 колошъ и были видны еще столько времени, что послѣ того успѣли засыпать еще четыре колоши. Судя по этому, можно принять, что для прохожденія колоши черезъ печь нуженъ, средн. числомъ, такой промежутокъ времени въ теченіи котораго успѣваютъ засыпать 50 колошъ. А такъ какъ внутри печи (выше фурмъ) помѣщаются 62,5 полныхъ колошъ, и слѣд. столько же колошъ угля, то оказывается, что руда спускается на 20% скорѣе угля.

Во время опытовъ въ 12 ч. проходило среднимъ числомъ по 96,8 колошъ; отсюда слѣдуетъ, что руда въ печи остается минимум 6, а максимум 7 часовъ.

Взятіе для анализа газовъ и твердыхъ веществъ съ различныхъ горизонтовъ печи.

Для того, чтобы точнѣе наблюдать скорость нисхожденія колошъ, и въ тоже время имѣть возможность опредѣлять температуру на различныхъ горизонтахъ печи и получать образцы руды, которые подвергались дѣйствию газовъ и угля при тѣхъ условіяхъ какъ руда, проплавляемая въ домиѣ, мы пользовались помощію желѣзной коробки (предложенной впервые Туннеромъ) опускаемой въ колошникъ на цѣпи, проходившей черезъ блокъ ¹⁾. Не смотря на чрезвычайную внимательность и осторожность, съ какою производилась работа эта, при многихъ опытахъ оказалось совершенно невозможнымъ достигъ одновременнаго нисхожденія колошъ и коробки. Хотя за конецъ цѣпи, проходящій черезъ блокъ, и тянуло постоянно двое рабочихъ, цѣпь опускалась все таки быстрѣе, нежели могла опускаться коробка. Надо думать, что проходящіе черезъ цилиндръ съ большою скоростію куски поступающихъ въ плавку матеріаловъ увлекали за собой отдѣльные звенья цѣпи, которая складывалась ниже цилиндра и такимъ образомъ показывала большую глубину, противу той, какую въ дѣйствительности достигла коробка. Такое предположеніе подтверждается тѣмъ, что отдѣльные звенья цѣпи, опускаемыя совершенно вертикально, послѣ вытаскиванія ихъ оказываются сильно изогнутыми. Наконецъ, опущенная въ колошникъ газоотводная желѣзная трубка, несмотря на ея большій вѣсъ и незначительный діаметръ (въ $\frac{3}{4}$ д. діам.), опускается медленнѣе коробки, если только принимать, что длина цѣпи, прошедшей черезъ блокъ, показываетъ намъ дѣйствительно ту глубину, которой достигла коробка.

Для лучшаго объясненія этого явленія мы приведемъ слѣдующій примѣръ: коробка, опущенная въ колошникъ въ продолженіи одного часа опустилась—судя по длинѣ цѣпи прошедшей черезъ блокъ—на 24 ф. Въ теченіи этого времени въ печь засыпано 9 колошъ, объемъ которыхъ = 175,5 куб. футовъ; между тѣмъ объемъ шахты печи до глубины 24 ф. равняется 416 куб. футамъ. Въ тотъ же періодъ времени, газоотводная трубка, опускавшаяся вмѣстѣ съ колошами, достигла глубины лишь 18 ф., соотвѣтствующей объему верхней части шахты въ 230 куб. футовъ. Если принять въ соображеніе, что засыпаемая въ печь руда опускается на 20% скорѣе угля, то окажется, что въ теченіи этого времени она могла лишь достигъ глубины 17 ф. соотвѣтствующей объему 210 куб. ф. Такимъ образомъ оказывается, что газоотводная трубка успѣла уйти на 1 ф. впередъ руды, тогда какъ коробка (судя по длинѣ размотанной цѣпи)—на 7 ф. Чтобы избѣжать этого, къ нижнему концу

¹⁾ Цѣпь и блокъ были тѣ же самые, которые служили и Туннеру въ 1859 году.

трубки приварено было кольцо, къ которому прикрѣплялась крышка коробки. Черезъ прикрѣпленіе коробки къ концу газоотводной трубки послѣдняя стала упираться въ руду не однимъ только нижнимъ концомъ своимъ, но и нижнею поверхностью коробки, въ семь разъ большею, между тѣмъ какъ вѣсь трубки увеличился весьма мало; поэтому можно надѣяться, что послѣ этого трубка будетъ опускаться одновременно съ рудою. Для того, чтобы трубка по прежнему могла служить для отвода газовъ, въ стѣнкахъ нижней части ея просверлено нѣсколько дыръ; отверстія эти представляли то преимущество, что не такъ легко могли залѣпляться частицами руды или угля какъ большое нижнее отверстіе трубки.

Устроивъ такимъ образомъ приборъ, мы, конечно, могли съ точностію опредѣлять глубину, которой достигла коробка и слѣдовательно относить наблюдаемую температуру къ надлежащему горизонту шахты. Единственная же ошибка, которая могла происходить отъ того, что трубка опускалась немножко быстрѣе колошъ, это та, что куски руды, заключенные въ коробкѣ, оставались въ печи столько же времени какъ и опускающіеся по шахтѣ съ наибольшею быстротою куски руды, или даже нѣсколько менѣе ихъ.

Дѣйствительно, коробка опускалась по видимому съ большею противъ руды скоростію, такъ какъ послѣ завалки 34 колошъ, она достигла уже глубины 34 ф. Соотвѣтствующій этой глубинѣ объемъ = 844 куб. фут. между тѣмъ какъ объемъ 34 колошъ = 653 куб. футамъ. Такимъ образомъ оказывается, что коробка опускалась быстрѣе колошъ не на 20%, какъ нѣкоторые куски руды, а на 28%. Сверхъ того извѣстно, что руда быстрѣе опускается по оси шахты нежели по стѣнкамъ, и что въ особенности въ распарѣ происходитъ самое сильное замедленіе въ движеніи кусковъ, опускающихся у самыхъ стѣнъ печи, между тѣмъ коробка опускалась близъ оси печи.

Если такимъ образомъ отъ прикрѣпленія коробки къ трубкѣ и происходитъ нѣкоторая погрѣшность въ опредѣленіи времени пребыванія руды въ печи, то она съ лихвою выкупается выгодною болѣе точнаго опредѣленія глубины, до которой достигла коробка.

Считаемъ не лишнимъ упомянуть здѣсь о томъ, что куски руды опускаются по шахтѣ печи не совершенно вертикально, но (судя по движенію газоотводной трубки) имѣютъ и боковое движеніе и притомъ очень часто въ различномъ направленіи. Такимъ образомъ коробка, помѣщенная въ центрѣ колошниковаго цилиндра, послѣ засыпки двухъ колошъ оказалась у края цилиндра, который, конечно, помѣшалъ дальнѣйшему отодвиганію коробки; но затѣмъ, по выходѣ ея изъ цилиндра она постоянно двигалась то въ ту, то въ другую сторону, то къ правой фурмѣ, то къ лѣвой (проходя надъ заднею) безо всякой видимой для насъ причины.

Упругость газовъ внутри домны.

Упругость газовъ внутри доменной печи оказалась сравнительно весьма незначительною,—обстоятельство, объясняющееся тѣмъ, что въ плавку шель только крупный хорошій уголь и штуфная руда, обожженная въ газовой печи, системы Филафера; по этому и величина промежутковъ была довольно значительна, а давленіе газовъ очень не велико.

Средніе выводы изъ большаго числа наблюденій показали, что упругость газовъ равняется:

У колошника.	0,3	лишій	ртути.
На глубинѣ 16 ¹ / ₂ ф. ниже колошника.	1,5	»	»
» » 24 »	2,5	»	»
» » 34 »	3,5	»	»
» » 40 »	5,3	»	»

На послѣднемъ горизонтѣ, при многихъ и продолжительныхъ опытахъ, давленіе это оставалось почти безъ измѣненія; если и замѣтны были незначительныя колебанія (вѣроятно отъ засоренія трубки), то они продолжались очень недолгое время.

Температура внутри печи.

Распределение теплоты внутри печи опредѣлялось, какъ сказано выше, при помощи сплавовъ, подобно тому какъ и при первыхъ опытахъ Туннера.

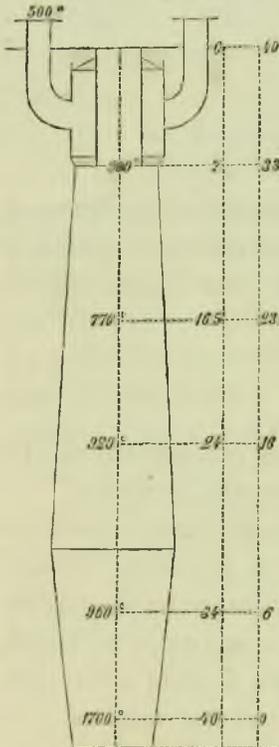
Черезъ отверстіе колошника отдѣляется обыкновенно лишь очень небольшое количество газовъ, такъ что колошникъ нетрудно держать темнымъ. Между тѣмъ въ газоотводной трубѣ *a* (фиг. 1) непосредственно надъ колошникомъ наблюдается температура въ 500 и даже 520° Ц. Правда, проходящіе по трубѣ газы отводятся всего съ глубины 7 ф. (отъ колошника) но колоши проходятъ пространство это не болѣе какъ въ 7 и много 9 минутъ; высокая температура газовъ въ данномъ случаѣ можетъ быть объяснена развѣ только тѣмъ, что руды выгребаются изъ обжигательной печи раскаленными до красна и немедленно засыпаются въ домну (нагрѣтыя еще до 200—600°), слѣдовательно не содержатъ и слѣдовъ влажности. Древесный уголь который расходовался во время опытовъ, былъ совершенно сухъ и состоялъ изъ крупныхъ, большею частью крупнѣе кулака) хорошо прокаленныхъ кусковъ, которые, пройдя, вмѣстѣ съ раскаленными кусками руды и горячими газами цилиндръ, конечно не могутъ много отнимать тепла отъ газовъ. Основываясь на этомъ мы можемъ смѣло предположить, что температура газовъ на глубинѣ 7 ф. отъ колошника равняется приблизительно 500—520° Ц.

На глубинѣ 16¹/₂ ф. ниже колошника температура была около 770°, на 24 ф.—920°, на 34 ф.—960—970° Ц. На большей глубинѣ при имѣющихся

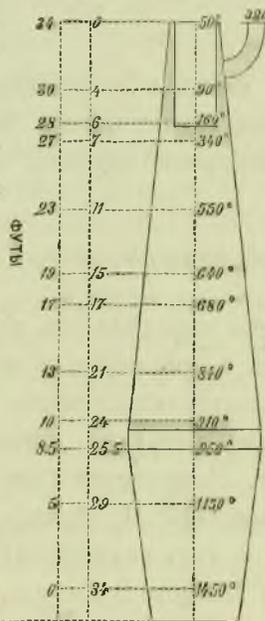
устройствахъ невозможно было опредѣлять температуру, не рискуя засадить коробку въ печи. Къ тому же до фурмы оставалось всего 6 ф. (считая сверху), слѣдовательно можно было удовольствоваться и вышеприведенными результатами.

У фурмы температура была столь высока, что самый трудноплавкій изъ имѣвшихся подъ руками сплавовъ (состоялъ изъ 6 ч. серебра и 4 ч. платины) быстро приходилъ въ жидкое состояніе. Но платиновая проволока не плавилась и даже желѣзная трубка, вставленная на 4 дюйма въ печь, по прошествіи 10 минутъ не показывала ни малѣйшихъ слѣдовъ плавленія.

Фиг. 3.



Фиг. 4.



Поэтому можно съ увѣренностью сказать, что температура у фурмы хотя и была выше 1625° Ц., но въ всякомъ случаѣ не достигала до 2000° . Мы полагаемъ, что по всей вѣроятности она будетъ около $1,700^{\circ}$. Сравнивая результаты нашихъ опредѣленій температуры въ различныхъ частяхъ печи съ результатами наблюденій Туннера, произведенныхъ надъ тою же печью (см. приложенный рисунокъ, на которомъ фиг. 3-я изображаетъ форму печи въ 1871 году и найденныя въ ней степени жара, а фиг. 4-я задѣлку 1859 года) намъ нетрудно будетъ замѣтить зависимость между распредѣленіемъ тепла въ печи и измѣненіемъ самыхъ условій дѣйствія печи.

Повышеніе температуры дутья повлекло за собою повышеніе температуры пояса горѣнія, между тѣмъ вслѣдствіе быстрого превращенія большей части образующейся у фурмы углекислоты въ окись углерода, температура быстро понижается. Но такъ какъ руда поступаетъ въ печь совершенно сухою и большею частью даже раскаленною, то температура и въ верхнихъ частяхъ печи остается довольно высокою и повышается къверху дов. медленно и слабо, между тѣмъ какъ въ печи конструкціи 1859 года она понижается очень быстро, благодаря тому, что руда засыпалась совершенно холодною. Температура, какая нынѣ наблюдается въ газоотводныхъ трубахъ выше колошника, въ прежней печи наблюдалась на глубинѣ 10 ф. ниже колошника; такимъ образомъ, благодаря поступленію въ печь руды еще горячей, увеличивается и

самый объемъ пояса подготовленія руды къ плавкѣ. Въ прежней малой печи подготовленіе руды къ плавкѣ начиналось съ испаренія заключавшейся въ рудѣ влажности; возстановленіе окисловъ желѣза происходило лишь на глубинѣ отъ 8 до 20 ф. ниже колошника, или не ранѣе какъ въ 24 ф. надъ фурмою; между тѣмъ въ нынѣшней печи возстановленіе руды начинается, можно сказать, у колошняка, т. е. уже на высотѣ 40 ф. надъ фурмою. Такимъ образомъ внутренностью печи пользуются нынѣ съ большей противъ прежняго выгодною.

Химическій анализъ рудъ и газовъ, взятый съ различныхъ горизонтовъ печи, произведенъ Рудольфомъ Шеффелемъ, по этому здѣсь и приводится буквально отчетъ его объ этихъ работахъ.

Химическія изслѣдованія рудъ и газовъ,

произведенныя Р. Шеффелемъ.

Химическому анализу подвергались газы, взятые съ различныхъ горизонтовъ печи, равно какъ и образцы рудъ, подверженные дѣйствию этихъ газовъ на извѣстномъ разстояніи ниже колошника.

I. Анализъ газовъ.

Газы собирались въ трубочкахъ изъ легко-плавкаго стекла (въ 20 сант. длиною и 3 сан. въ поперечникѣ), на концахъ которыхъ припаяны были короткія насадки—въ 6 сант. длиною и 4 м. м. внутр. діаметра). Длинная и широкая часть трубки, ёмкостью около 150 куб. сант., служитъ собственно для собиранія газовъ, тогда какъ узкіе концы—для удобнѣйшаго запаиванія. Обыкновенно двѣ или три такихъ трубки соединялись, помощью каучуковой трубки и одной стеклянной, изогнутой подъ прямымъ угломъ трубки, съ выдающимся изъ колошника концомъ желѣзной газоотводной трубки; минутъ 20 или 25 спустя послѣ этого, стеклянныя трубки запаивались поочередно, начиная съ послѣдней, при помощи спиртовой лампы.

Опытъ показалъ, что въ теченіи 20 м. воздухъ былъ совершенно вытѣсненъ изъ внутренности трубки, и что даже спустя пять минутъ послѣ начала пропусканія газовъ, не остается и слѣдовъ кислорода. Газы, взятые близь фурмъ, были смѣшаны съ густыми черными парами, которые по охлажденіи дали бѣлый порошкообразный налетъ; количество послѣдняго было, впрочемъ, столь незначительно, что его нельзя было подвергнуть анализу. Я имѣю намѣреніе собрать со временемъ возможно большое количество этого порошка, и разложить его. Я не сомнѣваюсь, что результаты анализа будутъ близки къ тѣмъ, которые получились при изслѣдованіи дыма, выдѣляющагося изъ конвентора на заводѣ Нейбергъ—въ послѣдній періодъ бессемерованія.

Анализъ газовъ производился по методѣ Бунзена; считаю не лишнимъ замѣтить при этомъ, что опредѣленіе окиси углерода, равно какъ и углеводородовъ и водорода, не можетъ быть произведено съ такою точностью, какъ

опредѣленіе углекислоты. При опредѣленіи послѣдней, причиною ничтожной ошибки можетъ быть вдвиганіе и выдвиганіе одного или двухъ шариковъ (съ кусками фдэаго кали) въ сухое пространство, емкость котораго можетъ быть измѣрена съ точностью. При опредѣленіи же другихъ газовъ надо принять еще во вниманіе, что тѣла эти собираются сначала влажными, а потомъ, послѣ сожиганія ихъ и поглощенія образовавшейся углекислоты и наконецъ послѣ поглощенія оставшагося неизрасходованнымъ кислорода, снова должны быть измѣрены сухими ¹⁾. По этому, если стѣнки евидіометра смочить сначала больше чѣмъ слѣдуетъ (а угадать надлежащую мѣру въ этомъ случаѣ, конечно, довольно трудно, въ особенности при работѣ надъ большими объемами), то фдкое кали, поглощая углекислоту, частію расплывается и пачкаетъ стѣны евидіометра; въ тоже время, между поднимающеюся кверху ртутью и стѣнками евидіометра остаются пузырьки газовъ, которые, конечно, нельзя устранить нѣсколькими толчками, какъ то совѣтуетъ дѣлать Бунзенъ.

Что касается до переведенія части газовъ изъ одного евидіометра въ другой, — какъ то совѣтуетъ дѣлать Бунзенъ, то на мой взглядъ операція эта кажется возможною только при помощи ртутныхъ ваннъ, которыя бы по размѣрамъ своимъ соответствовали длинѣ евидіометра; но при этомъ потребуется огромное количество ртути.

Всѣ эти неудобства, повидимому, не оказываютъ однакоже большаго вліянія на результатъ анализа, такъ какъ найденныя въ газахъ ниже 25 ф. отъ колошника количества углеводородовъ столь ничтожны (maximum—0,20%), что мы можемъ отнести ихъ къ неточности самаго анализа, и принять, что доменные газы ниже этого горизонта совершенно не содержатъ углеводородовъ. Напротивъ того, въ газахъ колошника (b), гдѣ мы не нашли совсѣмъ углеводородовъ, — надо думать, что въ дѣйствительности они имѣются, и не найдены только по ошибкѣ. Въ газахъ, взятыхъ съ глубины большей 34 ф., совсѣмъ не опредѣлялось количество свободнаго кислорода; между тѣмъ опредѣленіе этого тѣла въ газахъ, взятыхъ съ глубины 14 ф., не удалось, а потому и найденныя въ нихъ количества окиси углерода, а въ особенности водорода, слишкомъ высоки, а количества азота слишкомъ низки.

¹⁾ Мы не обращаемъ еще большаго вниманія на то, что при наполненіи евидіометра ртутью всегда сохраняетъ небольшое количество пузырьковъ газа.

ГАЗЫ ВЗЯТЫ.	Содержаніе въ процентахъ по объему.					Примѣчанія.		
	Угльной кислоты.	Окиси углерода.	Легкаго углеродистаго водорода.	Водорода.	Азота.			
Отъ ко-	<i>a.</i>	14,23	24,37	0,69	4,22	56,49	Опредѣленіе кислорода по всей вѣроятности не точно. Тоже опредѣленіе не удалось.	
лошника	<i>b.</i>	13,70	24,51	0,03	5,48	54,34		
Ниже колошника	14 ф.	14,64	26,30	—	8,20	50,86		
	18 »	12,67	25,99	0,93	6,90	53,15		
	25 ¹ / ₂ »	13,48	25,98	0,04	3,78	56,76		
	28 »	12,30	27,44	0,09	2,92	57,25		
	29 »	12,78	28,57	0,20	2,84	56,23		
	32 »	12,07	29,33	0,03	2,78	56,55		
У ЛИХТ-	<i>a.</i>	1,19	29,33	0,03	1,62	67,70		Опредѣленіе кислорода не производилось. 0,13% кислорода.
	лоха	<i>b.</i>	2,96	38,22	0,09	1,17		
Содержаніе въ процентахъ по вѣсу.								
Отъ ко-	<i>a.</i>	21,47	23,40	0,38	0,29	54,46	0,16% кислорода.	
лошника	<i>b.</i>	20,90	23,81	—	0,39	54,90		
Ниже колошника.	14 ф.	23,22	25,90	—	0,58	50,30		
	18 »	19,79	25,82	0,52	0,49	53,38		
	25 ¹ / ₂ »	20,29	24,87	0,01	0,26	54,57		
	28 »	18,50	26,26	0,04	0,20	55,00		
	29 »	19,16	26,66	0,11	0,19	53,88		
	32 »	18,14	27,32	0,01	0,20	54,33		
У ЛИХТ-	<i>a.</i>	1,88	29,49	0,01	0,11	68,35		0,16% кислорода.
	лоха	<i>b.</i>	4,66	37,93	0,03	0,08		

Значительное разнообразіе въ составѣ газовъ, взятыхъ у лихтлоха не должно удивлять насъ, если мы подумаемъ, что отверстіе это находится на нѣсколькихъ дюймахъ ниже фурмъ и что собираніе этихъ газовъ происходило въ различное время; понятно, что непосредственно передъ—и непосредственно послѣ выпуска составъ газовъ въ верхней части металлопріемника будетъ весьма различный.

2) Анализъ рудъ.

При изслѣдованіи рудъ я ограничился тѣмъ, что произвелъ анализы какъ руды обожженной, поступавшей въ плавку, такъ и руды, опускавшейся (въ коробкѣ) по шахтѣ домны до глубины 34 футъ.

а) Обожженная руда.

Отъ каждой обжигательной печи взято было для анализа по нѣсколько—на видъ довольно однородныхъ—кусковъ, которые и измельчались сначала до величины орѣха, а потомъ истирались въ порошокъ; изъ полученной такимъ образомъ смѣси и взята была навѣска. Надо думать, что при взятіи руды на пробу, изъ опасенія взять куски слишкомъ богатые, вдалились въ противоположную крайность и взяли большею частью только довольно бѣдные куски руды, такъ какъ анализъ показалъ въ ней содержаніе желѣза, низшее того, какое руда давала при плавлѣ въ домнѣ.

Для опредѣленія степени окисленія желѣза (что въ настоящемъ случаѣ представляло большой интересъ), обыкновенные способы анализа оказались неудобопримѣнимыми, ибо отъ присутствія высшихъ окисловъ марганца, при раствореніи руды въ сѣрной кислотѣ, выдѣляется кислородъ, а при употребленіи соляной—хлоръ. Если бы можно было предположить, что все количество выдѣляющагося кислорода или хлора будетъ дѣйствовать на соли желѣза, въ такомъ случаѣ по количеству магнитной окиси марганца можно было бы судить о количествѣ желѣза, перешедшаго изъ закиси въ окись; къ сожалѣнію рассчитывать подобнымъ образомъ не приходится, ибо намъ въ точности неизвѣстно, какая именно часть кислорода или хлора будетъ дѣйствовать окисляющимъ образомъ, и какая улетитъ бесполезно на воздухъ. Хотя количество марганца въ рудѣ вообще очень невелико и стало быть ошибка наша, какъ слѣдствіе вышеприведеннаго предположенія, не можетъ быть значительна, тѣмъ не менѣе я рѣшился прибѣгнуть къ другому способу, хотя и болѣе сложному, при которомъ представлялась возможность опредѣлить съ точностію количество содержащейся въ рудѣ углекислоты.

Прежде всего, нѣсколько разъ произведено было опредѣленіе всего количества содержащагося въ рудѣ желѣза, сначала посредствомъ титрованія, а потомъ путемъ вѣсоваго анализа. По первому способу получилось 45,50%, а по второму 45,47% желѣза; мы принимаемъ первую величину какъ средній выводъ изъ пяти анализовъ. Потомъ взяты были двѣ навѣски тонко-

измельченной руды, которая и подвергалась (каждая въ особомъ челночкѣ) прокаливанію въ фарфоровой трубкѣ въ струѣ совершенно сухаго водорода. При этомъ образовались пары воды и выдѣлилось немного угольной кислоты. Опредѣливъ съ точностью количества этихъ летучихъ веществъ, мы вычислили количество кислорода, выдѣлившагося изъ соединенія съ желѣзомъ и марганцомъ, которое и оказалось равнымъ 18,46⁰/₀. При такомъ прокаливаніи окислы желѣза возстановились совершенно, окислы же марганца перешли въ закись. Количество углекислоты оказалось равнымъ 12,11⁰/₀. По охлажденіи челночковъ съ рудою въ струѣ водорода, они были снова взвѣшаны, причемъ оказалось, что руда уменьшалась въ вѣсѣ на 30,70⁰/₀, т. е. на величину весьма близкую къ суммѣ вѣсовъ выдѣлившагося кислорода и угольной кислоты (12,11 + 18,46 = 30,57⁰/₀).

Впослѣдствіи анализъ руды намъ показалъ, что содержаніе въ ней магнитной окиси марганца равно 2,93⁰/₀, соотвѣтствующее этому количество выдѣлившагося кислорода составитъ 0,21⁰/₀; такимъ образомъ на долю желѣза остается 18,25⁰/₀. Судя по этому, оказывается, что въ рудѣ содержится 52,50⁰/₀ окиси и 11,25⁰/₀ закиси желѣза.

Для повѣрки новая навѣска руды прокаливалась въ платиновомъ тиглѣ надъ Платнеровскою лампою, при доступѣ воздуха—до тѣхъ поръ, пока вѣсъ ея не пересталъ измѣняться. Уменьшеніе въ вѣсѣ руды оказалось = 10,92⁰/₀. Величина эта составляется изъ разности вѣсовъ углекислоты, выдѣлившейся изъ руды, и кислорода ею поглощеннаго. Но по вышеприведеннымъ даннымъ, количество углекислоты = 12,11⁰/₀; между тѣмъ для превращенія 11,25⁰/₀ закиси желѣза въ окись потребуется 1,25⁰/₀ кислорода. По этому уменьшеніе въ вѣсѣ руды должно равняться 10,86⁰/₀, т. е. величинѣ, разнящейся отъ найденной опытомъ (10,92⁰/₀) всего лишь на 0,06⁰/₀. При этомъ еще не должно упускать изъ виду, что известнякъ выдѣляетъ послѣдніе слѣды угольной кислоты лишь при очень высокой температурѣ и продолжительномъ накаливаніи; въ струѣ же водорода выдѣленіе СО₂ идетъ несравненно легче и быстрѣе.

Дальнѣйшій анализъ руды показалъ въ ней содержаніе 8,77⁰/₀ кремнезема, 0,41⁰/₀ глинозема, 10,02⁰/₀ извести, 1,53⁰/₀ магнезій и 2,93⁰/₀ магнитной окиси марганца. Такимъ образомъ составъ руды, поступающей въ плавку выразится слѣдующими числами:

Окиси желѣза.	52,50 ⁰ / ₀
Закиси желѣза	11,25 ⁰ / ₀
Кремнезема	8,77
Глинозема.	0,41
Извести.	10,02
Магнезій.	1,53
Магнитной окиси марганца	2,93
Угольной кислоты	12,11
	<hr/>
	90,52 ⁰ / ₀

Еслибы руда эта была совершенно обожжена, то потеря въ вѣсѣ была бы на 10,86% болѣе, а слѣдовательно и потеря при пожогахъ на 8,42% (считая на 100 ч. сырой руды) значительнѣе. Тогда бы составъ ея былъ слѣдующимъ:

Желѣза	45,5	51,32	} = 73,31 окиси желѣза.
Кислорода	19,5	21,99	
Кремнезема	8,77		9,89
Глинозема	0,41		0,46
Извести	10,02		11,31
Магнезіи	1,53		1,72
Магнитной окиси марганца	2,93		3,31
		<hr/>	
	88,66		100,00

Отсюда видно, что такая идеально хорошо обожженная руда содержитъ 51,32% желѣза, т. е. количество, соотвѣтствующее выплавкѣ чугуна въ 54 — 55%. Надо замѣтить однакоже, что такого идеально-совершеннаго обжога руды въ большомъ видѣ достигнуть никогда нельзя, такъ какъ угольная кислота известняка въ атмосферѣ изъ угольной кислоты и окиси углерода (какая господствуетъ внутри рудообжигательной печи) выдѣляется лишь при такомъ жарѣ, при которомъ руда начинаетъ плавиться. При обжогахъ же въ большомъ видѣ довольствуются такимъ жаромъ, какой только руда можетъ вынести, не спекаясь.

По результатамъ анализа обожженной руды нетрудно вывести составъ руды необожженной и невывѣтрелой. Простой расчетъ даетъ намъ нижеслѣдующій составъ послѣдней:

Углекислаго желѣза	94,25	73,09.
Кремневой кислоты	8,77	6,80.
Глинозема	0,41	0,32.
Углекислой извести	17,90	13,88.
» магнезіи	3,21	2,49.
» марганца	4,41	3,42.
	<hr/>	
	128,95	100,00.

Поэтому, если руды поступаютъ въ пожогахъ нисколько не вывѣтрелыми, то дѣйствительная потеря вѣса ихъ должна составлять 22,82%; но если бы обжиганіе ихъ было совершенно, то потеря въ вѣсѣ должна составлять 31,24%.

b) Руды, взятая изъ шахты печи съ глубины 34 ф. ниже колошника.

Что касается до образцовъ руды, спущенныхъ въ шахту печи въ желѣзной коробкѣ, и подвергавшихся потомъ анализу, то мы не можемъ предполагать, чтобы степень окисленія желѣза въ нихъ соотвѣтствовала бы степени

окисленія металла въ кускахъ руды, опускающейся прямо по шахтѣ домны. Въ самомъ дѣлѣ въ коробку кладется всего лишь нѣсколько небольшихъ кусковъ руды, которые вовсе не представляютъ собою средняго состава самой руды; наконецъ коробка вытаскивается изъ печи еще раскаленною до красна, такъ что доступъ воздуха безъ сомнѣнія существеннымъ образомъ вліяетъ на степень окисленія металловъ.

Послѣднюю причину можно впрочемъ значительно уменьшить, давая поднятой на верхъ коробки остыть въ атмосферѣ газовъ колошника ¹⁾, чего впрочемъ при нашихъ опытахъ не дѣлалось. Имѣя въ виду эти обстоятельства, я подвергнулъ анализу только образцы такой руды, опущенной въ коробки до глубины 34 ф., подобно тому, какъ это было сдѣлано съ рудою, свѣже-обожженною.

Для того, чтобы увидѣть какое вліяніе оказываетъ атмосферный воздухъ на наружныя части кусковъ, вынутыхъ въ коробки изъ печи, для анализа взяты были частицы руды, какъ съ поверхности, такъ и изъ середины кусковъ.

Можно было предполагать, что возстановляющее дѣйствіе доменныхъ газовъ обнаружится въ сильнѣйшей степени надъ наружными частицами крупныхъ кусковъ, нежели надъ внутренними, однако же изслѣдованіе показало, что наружныя части окислены сильнѣе внутреннихъ,—обстоятельство, которое должно быть приписано вліянію атмосфернаго воздуха на поверхность кусковъ руды при выниманіи коробки изъ печи.

Такимъ образомъ частицы, взятая съ поверхности кусковъ руды и прокаленные вышеописаннымъ образомъ въ струѣ водорода, оказались содержащими 10,96% кислорода и 5,23% углекислоты, тогда какъ частицы, взятая изъ середины кусковъ, показали содержаніе лишь 9,81% кислорода и 5,01% углекислоты.

Къ сожалѣнію, челночки съ рудою послѣ такого прокаливанія прилипли къ фарфоровой трубкѣ и не могли быть взвѣшены. Частицы руды, взятая съ поверхности кусковъ, дальнѣйшему изслѣдованію не подвергались.

Содержаніе желѣза въ массѣ руды, взятой изъ середины куска оказалось равнымъ 59,91 ²⁾ содержаніе магнитной окиси марганца = 2,86%; перечисляя послѣднюю на закись, находимъ соотвѣтствующее ей содержаніе кислорода въ 0,26%. Такимъ образомъ на долю желѣза остается 9,81—0,26% = 9,55% кислорода. Предполагая, что въ рудѣ нѣтъ болѣе и слѣда окиси желѣза (что впоследствии и было доказано), мы находимъ, что внутреннія частицы ея содержатъ 42,97% закиси желѣза и 26,49 металлическаго желѣза.

Для контроля, небольшая навѣска той же руды была прокалена на воз-

¹⁾ Впрочемъ газы эти нагрѣты почти до 500°C, слѣдовательно и въ этомъ случаѣ наружный воздухъ будетъ имѣть вліяніе на степень окисленія желѣза въ рудѣ.

²⁾ Такое содержаніе желѣза найдено при помощи титрованія; вѣсовой же анализъ показалъ 59,97% желѣза.

духъ, послѣ чего вѣсъ ея увеличился на $11,33\%$; величина эта соотвѣтствуетъ опять таки количеству поглощеннаго изъ воздуха кислорода безъ количества выдѣлившейся углекислоты. По прежнему опыту выходило, что количество поглощеннаго кислорода равняется $25,63 - 9,55 = 16,13\%$, количество же углекислоты $= 5,01\%$; слѣдовательно прибыль въ вѣсѣ руды должна равняться $16,13\% - 5,01\% = 11,12\%$. Разница результатовъ (на $0,21\%$) кажется невелика, если принять въ соображеніе, что въ обоихъ случаяхъ взяты были частицы руды изъ разныхъ мѣстъ куска, слѣдовательно не совсѣмъ одинаковаго состава.

При раствореніи этой руды въ соляной кислотѣ слышенъ былъ сильный запахъ углеводородовъ; мы можемъ по этому смѣло принять, что на этой глубинѣ уже началось насыщеніе желѣза углеродомъ. Между тѣмъ при испытаніи руды, взятой изъ глубины 29 ф., запахъ этотъ не былъ замѣтенъ.

Дальнѣйшій анализъ, въ связи съ вышеприведенными данными, показалъ намъ слѣдующій составъ руды:

Закуси желѣза	42,97%
Желѣза	26,49 »
Кремнезема	9,37 »
Глинозема	0,21 »
Извести	10,57 »
Магnezіи	1,82 »
Магнитной окиси марганца	2,86 »
Угольной кислоты	5,01 »
	<hr/>
	99,30%

Нельзя не обратить вниманія на то, что известь даже на этой глубинѣ (6 ф. надъ фурмою) удерживаетъ еще значительное количество углекислоты; впрочемъ много удивляться этому не приходится, такъ какъ господствующая здѣсь температура всего около 960° , и вдобавокъ все пространство наполнено угольной кислотой и окисью углерода.

Если по результатамъ приведеннаго сейчасъ анализа высчитать соотвѣтственный составъ сырой необожженной руды, то получимъ числа, приводимыя ниже въ столбцѣ 1-мъ; рядомъ съ ними поставимъ для сравненія числа, выражающія составъ сырой руды, какимъ онъ оказался по анализу, приведенному выше (см. стр. 174).

Углекислой закуси желѣза	77,23	73,09%
Кремневой кислоты	5,83	6,80 »
Глинозема	0,13	0,32 »
Углекислой извести	11,75	13,88 »
» магnezіи	2,38	2,49 »
» закуси марганца	2,68	3,42 »
	<hr/>	
	100,00	100,00%

Отсюда ясно видно, что содержаніе желѣза въ рудѣ, опущенной въ коробкѣ до глубины 34 ф., нѣсколько выше средняго содержанія желѣза въ массѣ руды, поступающей въ плавку. Избѣгнуть такого различія можно только тогда, когда мы будемъ опускать въ коробкѣ на различные горизонты частицы руды, взятая изъ одного и того же куска.

Анализъ доменнаго шлака далъ намъ слѣдующіе результаты:

Содержаніе въ 100 частяхъ.

Кремнезема	46,09
Глинозема	5,32
Закиси желѣза	3,17
Закиси марганца	8,21
Извести	29,54
Магnezіи	6,30
Щелочей и потери	1,37
	<hr/>
	100,00

Такимъ образомъ составъ шлака близко подходитъ къ формулѣ $(RO) SiO_2$ Флюсовой сланецъ, содержащій большое количество видимыхъ глазу частицъ кварца, имѣетъ слѣдующій составъ:

Кремнезема	77,86
Глинозема	14,01
Закиси желѣза	1,66
Извести	0,75
Магnezіи	1,51
Воды	2,15
Щелочей и потери	2,06
	<hr/>
	100,00

Постепенное измѣненіе руды съ опусканіемъ ея по шахтѣ печи легко наблюдать по увеличенію содержанія въ ней желѣза. Такимъ образомъ

руда у колонника содержитъ	45,5	% желѣза.
» на глубинѣ 16 ¹ / ₂ ф.	50,11	% »
» » » 24 »	53,38	% »
» » » 34 »	95,91	% »

Основываясь на вышеприведенныхъ числахъ, мы можемъ, хотя приблизительно, какъ описать самый процессъ доменной плавки, такъ равно и вычислить количество теплоты, расходуемой при немъ, по различнымъ причинамъ.

Благодаря тому, что намъ удалось разложить газы, взятые съ глубины 34 ф. ниже колошника, и получить, при помощи коробки, образцы руды, прошедшей вмѣстѣ съ колошами (слѣдовательно, почти при нормальныхъ условіяхъ плавки), черезъ печь до того же горизонта, мы можемъ прослѣдить химическіе процессы, которые совершаются въ различныхъ частяхъ печи.

Измѣненія въ составъ поступающихъ въ плавку матеріаловъ, при прохожденіи ихъ отъ колошника до фурмъ.

Руды проходятъ пространство это (объемъ коего = 1086 куб. ф.) не менѣе какъ въ 6 и не болѣе какъ въ 7 часовъ, слѣдовательно, требуютъ на это среднимъ числомъ $6\frac{1}{2}$ часовъ времени, тогда какъ засыпаемый одновременно съ ними уголь остается въ печи однимъ или полуторами часами долѣе, хотя у фурмы всегда одинаковое количество руды проплавляется одинаковымъ количествомъ угля.

Въ теченіи этого короткаго промежутка времени, окислы желѣза возстановляются, желѣзо насыщается углеродомъ, расплавляется и отдѣляется отъ землистыхъ частей руды, которая сплавляется съ флюсами, золою горючаго матеріала и оплавающимися частями стѣнъ шахты, между тѣмъ какъ углеродъ горючаго матеріала сгораетъ частью въ угольную кислоту, частью въ окись углерода.

Средній составъ бѣлаго чугуна завода Ейзенерца слѣдующій:

Желѣза	94,26%
Углерода	3,79
Кремнія	0,34
Сѣры	0,02
Фосфора	0,04
Марганца	1,55
	<hr/>
	100,00

Составъ же руды по вышеприведенному анализу (стр. 173) слѣдующій:

Окиси желѣза	52,50%
Закиси желѣза	11,25
Кремнезема	8,77
Глинозема	0,41
Извести	10,02
Магnezія	1,53
Закиси марганца	2,93
Углекислоты	12,11
	<hr/>
	99,52.

Шлакъ содержитъ 2,22% желѣза, такъ что въ 69 ч. шлака будетъ заключаться 1,53 ч. желѣза. Въ этомъ числѣ заключается 0,19 ч. желѣза, замѣствованнаго изъ флюса (такъ какъ послѣдній содержитъ 1,29% желѣза и прибавляется въ шихту въ количествѣ 14,4 частей по вѣсу) и 1,34 ч. переходящихъ въ шлакъ изъ руды. Такъ какъ въ чугуна содержится 94,26% желѣза, то на каждые 100 ч. по вѣсу чугуна приходится 95,60 ч. по вѣсу желѣза въ рудѣ или 209,09 ч. по вѣсу руды.

Въ этомъ количествѣ руды, въ силу вышеприведенныхъ анализовъ, заключается:

Окиси желѣза . . .	110,30 ч.	съ 77,21 ч. желѣза и 33,09 ч. кислорода.
Закиси желѣза . . .	23,64 »	» 18,39 » » 5,25 »
Кремнезема . . .	18,45 »	
Глинозема . . .	0,86 »	
Извести . . .	21,06 »	
Магнезии . . .	3,21 »	
Закиси марганца . . .	6,14 »	
Угольной кислоты . . .	25,43 »	
Всего.	<u>209,09 ч. по вѣсу.</u>	

Извѣстно, что изъ заключающагося въ этомъ количествѣ руды желѣза, 1,3 ч. по вѣсу уйдетъ въ шлакъ въ видѣ закиси, по этому изъ количества FeO, находящейся въ рудѣ, слѣдуетъ вычесть 1,72%. Такимъ образомъ составятся будутъ:

Окиси желѣза	110,30 ч.	съ 77,21 ч. желѣза и 33,09 ч. кислорода.
Закиси желѣза	21,92 »	» 16,75 » » 5,17 » »
Закиси марганца	2,00 ч.	съ 1,55 ч. марганца и 0,45 ч. »
Кремнезема	0,78 »	» 0,34 » кремнія » 0,38 » »

Въ шлакъ же будутъ переходить:

	Изъ руды:	Изъ флюса:	Всего:
Кремнезема . . .	17,67 ч.	10,90 ч.	28,57
Глинозема . . .	0,86 »	1,97 »	2,83
Закиси желѣза . . .	1,72 »	0,22 »	1,94
Извести . . .	21,06 »	0,11 »	21,17
Магнезии . . .	3,21 »	0,21 »	3,42
Закиси марганца	4,14 »	—	4,14
Щелочей . . .	—	0,96	0,96
Всего . . .	<u>48,66</u>	<u>14,37</u>	<u>63,03.</u>
Сюда приложить золу горячаго матеріала			<u>1,53 ч.</u>
		Получится шлака	64,54 ч. по вѣсу.

Между тѣмъ, вычисляя количество и составъ шлака по составу поступающихъ въ плавку веществъ, шлака должно получиться 65 ч., и въ нихъ заключаться:

Кремнезема . . .	29,52 ч.
Глинозема . . .	3,47 »
Заиси желѣза . . .	2,16 »
Извести . . .	19,48 »
Магнези . . .	4,10 »
Заиси марганца . . .	5,40 »
Щелочей . . .	0,88 »
	<hr/>
Всего	65,00.

Разница въ результатахъ, какъ видно, здѣсь совершенно ничтожна.

Читателю покажется можетъ быть страннымъ, что здѣсь на 100 ч. по вѣсу чугуна мы принимаемъ 209,09 ч. руды, тогда какъ по приведеннымъ выше результатамъ плавки, требуется всего 191,4 ч. Разница эта объясняется, какъ сказано выше, тѣмъ, что въ генеральной пробѣ обожженной руды, содержаніе желѣза оказалось нѣсколько ниже ¹⁾ среднего содержанія этого металла во всей массѣ руды. Легко можетъ быть также, что въ первый день опытовъ, когда брались навѣски для опусканія ихъ въ коробкѣ въ печь, проплавлялась руда бѣднѣе и хуже обожженная, чѣмъ обыкновенно что иногда случается. Тѣмъ не менѣе мы сохранимъ приведенныя выше числа и при дальнѣйшихъ вычисленіяхъ.

Древеснаго угля расходовалось на каждые 100 ф. чугуна—9,416 куб. ф.; но такъ какъ куб. ф. мягкаго угля среднимъ числомъ вѣситъ отъ 7 до 8 фунт., поступавшій въ плавку уголь былъ очень хорошаго качества, то мы и принимаемъ вѣсъ его равнымъ 8 фунт. Слѣдовательно на выплавку 100 частей по вѣсу чугуна расходовалось 75,33 ч. по вѣсу древеснаго угля.

Взятіе уменьшенія на пробу отъ угля довольно затруднительно (уголь приходится измельчать, причемъ онъ поглощаетъ газы) и притомъ такія пробы обыкновенно не даютъ вѣрныхъ результатовъ; между тѣмъ при взятіи на пробу навѣсокъ отъ отдѣльныхъ кусковъ мы получаемъ результаты, значительно разнящіеся между собою²⁾; по этому въ настоящемъ случаѣ мы рѣшились принять для древеснаго угля такой составъ, который болѣе другихъ соответствовалъ бы мѣстнымъ условіямъ. Такъ какъ древесный уголь былъ отличныхъ качествъ, погода долгое время стояла сухая и хорошая, то можно было, основываясь на работахъ Віолетта и Феста, принять слѣдующій составъ угля:

¹⁾ Изъ боязни взять слишкомъ богатые куски, сдѣлана была ошибка въ противоположную сторону.

²⁾ Какъ то видно изъ работъ Віолетта, Гинимана, Феста и др.

	Процентовъ.	Въ частяхъ по вѣсу на 100 ч. чугуна.
Углерода	91	68,55
Зола	2	1,51
Водорода	2	1,51
Кислорода	5	3,76

Въ 68,55 ч. углерода 3,79 ч. идутъ на насыщеніе чугуна и потому не входятъ въ дальнѣйшіе расчеты наши, между тѣмъ какъ остальные 64,76 ч. расходуются на возстановленіе руды, плавленіе и т. д.

Зола угля входитъ, какъ сказано выше, въ составъ шлаковъ; водородъ же встрѣчается не только въ газахъ колошника, но и на болѣе низкихъ горизонтахъ внутри доменной печи, ибо древесный уголь выдѣляетъ (какъ извѣстно изъ работъ Виолетта) послѣдніе слѣды водорода лишь при очень высокой температурѣ.

Въ газахъ колошника должны заключаться всѣ тѣ вещества, которыя при господствующей въ печи температурѣ переходятъ въ газообразное состояніе и не сгущаются; по этому, зная составъ колошниковыхъ газовъ, равно какъ и количество и составъ твердыхъ веществъ, поступающихъ въ плавку, мы можемъ довольно легко вычислить количество газовъ, причитающееся на 100 ч. по вѣсу выплавляемаго чугуна.

Колошниковые газы имѣютъ слѣдующій составъ:

21,47 ч. углекислоты съ	15,61 ч. кислорода,	5,86 ч. углерода.	
23,40 » окиси углерода	13,37 »	10,03 »	»
0,38 » углеводорода		0,29 »	» 0,09 вод.
0,29 » водорода			» 0,29 »
54,45 » азота			

Въ 100 ч. газовъ содержится 28,98 ч. кислорода, 16,18 углерода и 0,38 водорода и 54,45 ч. азота.

Углеродъ, заключающійся въ колошниковыхъ газахъ, происходитъ не только изъ древеснаго угля, но и изъ угольной кислоты руды. Но руда содержитъ 25,43 ч. по вѣсу углекислоты, состоящей изъ $64,76 + 6,93 = 71,69$ по вѣсу углерода.

Такимъ образомъ, на каждые 100 ч. выплавляемаго чугуна приходится въ газахъ колошника:

	Кислорода.	Углерода.	Водорода.
95,16 углекислоты съ	69,20	25,96 ч. и	»
103,71 окиси углерода съ	59,24	44,47 » »	»
1,68 углеводорода		1,26 » »	0,42
1,28 водорода			1,28
241,38 азота.			

Или, выражаясь иначе, въ газахъ колошника заключается:

Углерода	71,69.
Кислорода	128,44.
Водорода	1,70.
Азота	241,31.
Всего изъ	<u>443,14 ч. по вѣсу.</u>

Источники, изъ которыхъ берутся эти вещества, будутъ слѣдующіе:

Углеродъ берется:

изъ древеснаго угля	64,76.
» угольной кислоты руды	6,93.
Всего	<u>71,69.</u>

Число источниковъ кислорода несравненно значительнѣе; такимъ образомъ газъ этотъ берется:

Изъ руды, въ которой онъ находится въ соединеніи:

съ желѣзомъ (возстановляющимся при плавлѣ).	33,26 ч. О.
» марганцомъ	0,45 »
» кремніемъ	0,38 »
» углеродомъ въ видѣ углекислоты	18,50 »
изъ влаги, содержащейся во флюсѣ	0,03 »
» древеснаго угля, гдѣ онъ соединенъ съ водо- родомъ	3,34 »
» влаги воздуха	1,16 »
Всего.	<u>62,12 ч. О.</u>

Остальное количество его изъ воздуха, притекающаго черезъ фурмы. 66,32 ч. О.

Итого 128,44 ч. кислорода.

Водородъ берется:

Изъ древеснаго угля въ количествѣ	1,51 ч.
» влаги, содержащейся въ древесномъ углѣ.	0,42 »
» » » » воздухѣ	0,14 »
» » » » флюсѣ.	0,01 »
Всего.	<u>2,08 ч.</u>

Если, такимъ образомъ, оказывается водорода нѣсколько болѣе (на 0,38 ч.) противъ найденнаго нами въ газахъ колошника, то это слѣдуетъ приписать несовершенной точности чиселъ, принятыхъ нами для выраженія состава угля.

Если не принимать въ соображеніе слѣды азота, заключающіеся въ древесномъ углѣ, то нужно допустить, что все содержащееся въ колошниковыхъ газахъ количество этого газа берется изъ атмосфернаго воздуха, вдуваемаго въ печь черезъ фурмы. Послѣднимъ путемъ въ печь проникаетъ 66,32 ч. кислорода, составляющіе, съ 220,95 частями азота,—287,27 части воздуха, т. е. количество, соотвѣтствующее 3920 куб. футамъ воздуха, на каждыя 100 ф. выплавленнаго чугуна, или 1089 куб. фут. въ 1 минуту.

Сравнивая найденное этимъ путемъ количество воздуха съ величиною, вычисленною по густотѣ и температурѣ дутья и діаметру сопла, мы находимъ между ними разницу на 36 куб. футъ въ 1 минуту. Это составляетъ всего лишь 3,2 ‰, т. е. величину, которою мы можемъ пренебречь въ виду многихъ обстоятельствъ, которыхъ избѣгнуть нельзя и которыя однакоже могутъ имѣть несравненно большее вліяніе на измѣненіе количества вдуваемаго въ печь воздуха ¹⁾. За то найденное въ газахъ колошника количество азота на 20,36 ч., т. е. почти 8 ‰, больше противъ количества, соотвѣтствующаго количеству кислорода воздуха. Впрочемъ и эта величина не можетъ считаться значительною.

Для легчайшаго изученія тѣхъ перемѣнъ, которымъ подвергаются поступающія въ печь твердыя вещества, на пути своемъ отъ колошника до глубины 34 ф., на которой кончаются наши наблюденія, мы рассмотримъ подобнымъ же образомъ составъ руды и газовъ на этомъ горизонтѣ.

Составъ поступающихъ въ плавку твердыхъ веществъ и газовъ на горизонтѣ 34 ф. ниже колошника.

Кусочки руды, опускаемые при помощи коробки въ печь, конечно не имѣютъ средняго состава поступающей въ плавку руды; однакоже разница между ними на столько невелика, что, судя по измѣненіямъ, какимъ подвергаются испытываемые куски руды, мы можемъ довольно хорошо судить о ходѣ химическаго процесса доменной плавки.

Составъ руды, взятой съ глубины 34 ф., оказался слѣдующимъ:

Закиси желѣза	42,97%
Желѣза металлическаго	26,49
Кремнезема	9,37
Глинозема	0,21
Извести	10,57
Магnezи	1,82
Закиси марганца	2,86
Угольной кислоты	5,01
Всего	<u>99,30.</u>

¹⁾ Напримѣръ если фурму затянетъ на минуту шлакомъ.

Здѣсь также какъ и у колошника, на каждыя 100 ч. выплавляемаго чугуна, должно приходиться въ рудѣ 95,60 ч. желѣза, по этому въ соответственномъ количествѣ руды будетъ заключаться:

Заиси желѣза	68,57 ч.	съ 53,33 ч. желѣза и 15,24 ч. кислорода.
Желѣза металич.	42,27 ч.	42,27 ч. »
Кремнезема.	14,93 ч.	
Глинозема	0,34	
Извести	16,86	
Магнезиі	2,98	
Заиси марганца	4,59	
Углекислоты	7,99	
Всего	158,53 ч.	по вѣсу.

Изъ имѣющагося количества заиси желѣза надо исключить 1,72 ч. по вѣсу, входящія въ составъ шлака; такимъ образомъ на образованіе чугуна останется:

Заиси желѣза	66,85	съ 51,89 ч. желѣза и 14,86 ч. кислорода.
Желѣза метал.	42,27	съ 42,27 »
Заиси марганца	2,00	» 1,55 марганца и 0,45 ч. кислорода.
Кремнезема	0,78	» 0,34 кремнія и 0,38 ч. кислорода.

На образованіе шлаковъ пойдетъ на этомъ горизонтѣ:

	Изъ руды.	Изъ флюса.	Всего.
Кремнезема	14,15	10,90	25,05
Глинезема	0,34	1,97	2,31
Заиси желѣза.	1,72	0,22	1,94
Магнезиі	2,98	0,21	3,19
Извести	16,86	0,11	16,97
Заиси марганца	2,59	—	2,59
Щелочей		0,96	0,96
	38,64	14,37	53,01
Прибавляя сюда золу горячаго матеріала.			1,51
получимъ—всего шлака			54,52

Найденная здѣсь величина сравнительно нѣсколько низка, что впрочемъ объясняется тѣмъ, что въ коробку попали куски руды съ высшимъ содержаніемъ желѣза противъ генеральной пробы. Что же касается до самаго химическаго состава шлака, то его можно считать нормальнымъ.

Газы, взятые на этомъ горизонтѣ, оказались по анализу содержащими во 100 частяхъ:

12,12 ч. углекислоты съ 8,81 ч. кислорода и 3,31 ч. углерода.
 28,25 » окиси углерода съ 16,14 » » 12,11 » »
 0,16 » водорода.
 59,47 » азота.

Намъ неизвѣстно абсолютное количество имѣющагося на этомъ горизонтѣ углерода, но намъ извѣстно количество кислорода, какое должно заключаться въ газахъ на высотѣ 6 ф. отъ фурмъ, равно какъ и количество кислорода, заключающагося еще на этомъ же горизонтѣ въ шихтѣ—въ соединеніи съ восстанавливающимся желѣзомъ, марганцемъ, кремніемъ и углеродомъ.

Кислорода въ газахъ должно заключаться:

Изъ воздуха	66,32 ч.
» влаги воздуха	1,16 »
Изъ руды, а именно:	
соединеннаго съ желѣзомъ	14,86 »
» марганцемъ	0,45 »
» кремніемъ	0,38 »
» углеродомъ въ CO_2	5,81 »
Всего	<u>88,98 ч.</u>

Принявъ выведенную такимъ образомъ величину для кислорода и вычисляя по данному содержанію его въ газахъ абсолютное количество послѣднихъ, мы увидимъ, что они будутъ состоять:

Изъ угольной кислоты 43,20 ч. съ 31,42 ч. кислорода и 11,78 углерода.	
» окиси углерода. 100,73 » » 57,56 » » 43,17 » »	
» водорода 0,56 »	
» азота. 212,07 »	
Всего 356,56 ч. газовъ, въ коихъ содержится:	

Углерода	54,95 ч.
Кислорода	88,98 »
Водорода	0,56 »
Азота	212,07 »
Всего 356,56 ч.	<u> </u>

Измѣненія, которыя претерпѣваютъ газы на пути своемъ отъ горизонта 6 ф. надъ фурмою до колошника.

Откуда берется кислородъ, — это мы сейчасъ вывели; теперь мы постараемся разобрать, отъ чего происходитъ разница въ количествахъ углерода, водорода и др. тѣлъ, сравнительно съ составомъ колошниковыхъ газовъ, и куда дѣвается расходуемый при плавкѣ углеродъ.

Если не принимать во вниманіе количество углерода, которое пошло на насыщеніе чугуна, то окажется, что углерода было всего:

На горизонтѣ колошника	71,69 ч.
» 6 ф. выше фурмъ.	54,95 »
	<hr/>
Разность	16,74 ч. по вѣсу угле-

рода, израсходованнаго при прохожденіи до глубины 34 ф.

Изъ этого количества углерода, приходится на долю углерода, заимствованнаго изъ угольной кислоты руды—4,76 ч., такъ какъ выдѣляется 17,44 ч. углекислоты. Сверхъ того, надо еще вычесть отсюда 0,29 ч., такъ какъ въ газахъ колошника содержится 0,38% углеводородовъ.

Такимъ образомъ на, пути отъ колошника до высоты 6 ф. надъ фурмою, отъ дѣйствія кислорода возстановляющихся окисловъ руды сгораетъ углерода:

$$16,74 - (4,76 + 0,29) = 11,69 \text{ ч.}$$

Въ продолженіе того же пути расходуется кислорода:

$$128,44 - 88,98 = 39,46 \text{ ч. по вѣсу.}$$

Отсюда надо впрочемъ еще вычесть кислородъ, происходящій изъ углекислоты руды, количество котораго равно 12,68 ч., такъ что для сжиганія вышенайденнаго количества углерода останется всего 26,78 ч. по вѣсу кислорода.

Слѣдовательно во время этого пути образуются:

Изъ 8,39 ч. углерода и 22,38 ч. кислорода—30,77 ч. углекислоты,
а изъ 3,30 ч. углерода и 4,40 ч. кислорода— 7,70 ч. окиси углерода,
т. е. при возстановленіи руды въ этомъ пространствѣ печи, образуется главнѣйше угольная кислота и сравнительно небольшое количество окиси углерода.

Газы, на высотѣ 6 ф. надъ фурмою, содержатъ слѣдующія количества углекислоты и окиси углерода:

Доставляется снизу. . . 43,20 ч. углекислоты и 100,73 ч. окиси углерода.
Выдѣляется изъ руды. 17,44 ч. » — »

При возстаповленіи

руды образуется . . . 30,77 ч. углекислоты и 7,70 ч. окиси углерода.

Всего . . . 91,41 ч. » 108,43 ч. »

Между тѣмъ въ газахъ колошника содержится всего:

95,16 ч. углекислоты и 103,71 ч. окиси углерода.

Разница эта, объясняющаяся ошибками, неизбежными при такихъ опредѣленіяхъ, зависить вѣроятно не столько отъ неточности въ опредѣленіи абсолютныхъ количествъ углерода и кислорода, сколько отъ невѣрнаго группированія этихъ элементовъ между собою.

Водорода на высотѣ 6 ф. надъ фурмою находится 0,56 ч.

Такъ какъ на этомъ горизонтѣ можетъ встрѣчаться только водородъ изъ водяныхъ паровъ воздуха, въ количествѣ 0,14 ч.

и водородъ газъ, поглощенный углями, то количество послѣдняго должно равняться 0,42 ч.

или, не смотря на температуру въ 960° Ц., почти одна треть всего поглощеннаго углемъ количества водорода.

Вѣсь столба шихты также значительно измѣнился; мы знаемъ, что въ ней на 100 ч. чугуна приходится:

	У колошника.	На 6 ф. выше фурмъ.
Древеснаго угля	75,33 ч.	58,50 ч.
Руды	209,09 ч.	158,53 ч.
Флюсовъ	14,40 ч.	14,00 ч.
Всего	298,82 ч.	230,83 ч.

Въ самомъ дѣлѣ, въ газахъ, на высотѣ 6 ф. надъ фурмою, найдено 54,95 ч. углерода, изъ которыхъ впрочемъ нужно исключить 2,17 ч. углерода, заключающагося въ угольной кислотѣ, выдѣлившейся изъ руды. Напротивъ того, къ вышеприведенной цифрѣ слѣдуетъ прибавить 3,79 ч. углерода, идущаго на насыщеніе желѣза, а сверхъ того вѣсь золы древеснаго угля и вѣсь заключающагося въ углѣ водорода. Такимъ образомъ получимъ:

$54,95 + 3,79 + 1,51 + 0,42 - 2,17 = 58,50$ ч., т. е. величинѣ, подставленной нами въ нашемъ расчетѣ.

Составъ газовъ на горизонтѣ фурмъ.

Газы, составъ которыхъ опредѣлялся анализомъ, были взяты у лихтлоха, т. е. почти на 2 д. ниже горизонта центровъ фурмъ.

Составъ этихъ газовъ по анализу *a* стр. 171 слѣдующій:

Угольной кислоты. 1,88 ч. въ нихъ 1,37 кислорода и 0,51 углерода.
Окиси углерода . 29,49 » » 16,85 » 12,64 »

Водорода	0,11 »		
Кислорода	0,16 »	»	0,16
Азота	68,36 »		

Всего во 100 ч. газа кислорода 18,38 и углерода 13,15.

Абсолютное количество газовъ на этомъ горизонтѣ можетъ быть легче всего вычислено по количеству кислорода, которое можетъ быть опредѣлено съ достаточною точностью.

На горизонтѣ фурмъ имѣется кислорода:

Изъ воздуха	66,32 ч.
Изъ водяныхъ паровъ воздуха.	1,16 »
	<hr/>
	67,48.

Взявъ эту величину за точку исхода, мы находимъ, что на горизонтѣ фурмъ, гдѣ происходитъ горѣніе угля, плавленіе чугуна и шлака, на 100 ч. чугуна приходится газовъ:

6,90 ч. углекислоты	съ	5,02 ч. кислорода	и	1,88 углерода.
108,30 » окиси углерода	»	61,87 »	»	46,43 »
0,40 » водорода				
0,59 » кислорода		0,59		
250,94 » азота				

367,13 ч. газовъ, въ коихъ содержится всего:

Кислорода	67,48.
Углерода	48,31.
Водорода	0,40.
Азота	250,94.

Всего 367,13.

Водорода берется изъ водяныхъ паровъ воздуха 0,14

Разница же, составляющая такимъ образомъ 0,26 ч. можетъ относиться къ водороду, поглощенному древеснымъ углемъ и принесенному послѣднимъ до самыхъ фурмъ, гдѣ онъ выдѣляется лишь при сгораніи угля.

Содержаніе азота въ газахъ оказывается нѣсколько выше соотвѣтствующаго количеству вдуваемаго воздуха, — обстоятельство, которое мы можемъ объяснить только значительными колебаніями, какимъ подверженъ составъ газовъ у лихтлоха. Въ самомъ дѣлѣ, при больпомъ числѣ анализовъ газа, взятаго на этомъ горизонтѣ, получены результаты, значительно между собою разнящіеся.

Измѣненіе, претерпѣваемое газами на пути отъ фурмы до высоты 6 ф. надъ фурмою.

Если не считать углеродъ, идущій на насыщеніе желѣза, то на высотѣ 6 ф. надъ фурмою будетъ находиться углерода 54,95 ч.

Вычитая отсюда углеродъ, заключающійся въ видѣ угольной кислоты въ рудѣ, т. е. 2,03 ч.

останется на долю углерода древеснаго угля 52,92 ч.
которыя переходятъ въ газообразное состояніе.

Насчетъ кислорода воздуха, вдуваемаго черезъ фурму, сгораетъ 48,31 ч. по вѣсу углерода, слѣдовательно остается еще $52,92 - 48,31 = 4,61$ ч. по вѣсу которыя сгораютъ насчетъ кислорода, соединеннаго съ желѣзомъ, марганцомъ и другими тѣлами, содержащимися въ рудѣ; полагая, что при этомъ образуется только углекислота, окажется, что для сжиганія 4,61 ч. углерода потребуется 12,29 ч. кислорода и получится 16,90 ч. углекислоты.

Руда же выдѣляетъ при этомъ кислорода, находящагося

въ соединеніи съ желѣзомъ . . . 14,86

» » » марганцомъ . . . 0,45

» » » кремніемъ . . . 0,38

Всего . . . 15,69.

Кислородъ, входящій въ составъ угольной кислоты руды (въ количествѣ 5,81 ч. по вѣсу), здѣсь не входитъ въ расчетъ, такъ какъ при вычисленіи всего количества углерода, соотвѣтственное этому кислороду количество углерода тоже не было принято въ расчетъ; наконецъ и самая угольная кислота руды будетъ введена въ расчетъ (какъ увидимъ ниже) особо.

Такимъ образомъ, изъ всего количества заключающагося въ рудѣ кислорода, остаются еще лишь:

$$15,69 - 12,29 = 3,40 \text{ ч. по вѣсу,}$$

которыя пойдутъ на превращеніе окиси углерода въ углекислоту.

3,40 ч. кислорода даютъ съ

5,95 » окиси углерода

9,35 ч. угольной кислоты.

Числа эти даютъ намъ возможность судить о томъ измѣненіи, какое претерпѣваютъ газы, если допустить, что часть руды восстанавливается непосредственно углемъ.

	Углекислоты.	Окиси углерода.
На горизонтѣ фурмъ имѣется	6,90.	108,30.
На пути отъ фурмъ до высоты 6 ф. надъ фурмою выдѣляется еще изъ руды	+ 7,99.	
Отъ возстановленія желѣза непосредствен- но углемъ получается	+ 16,90.	
Отъ возстановленія желѣза дѣйствіемъ оки- си углерода получается	+ 9,35.	
При чемъ расходуется окиси углерода		5,95.
Всего.	41,14.	102,35.

По этому, на высотѣ 6 ф. надъ фурмою должно находиться 41,14 ч. угольной кислоты и 102,35 ч. окиси углерода; между тѣмъ, судя по анализу газовъ съ этого горизонта, тамъ паходится въ дѣйствительности 43,20 ч. углекислоты и 100,73 ч. окиси углерода.

Надо думать, что и здѣсь разница зависитъ скорѣе отъ нѣсколько иной группировки элементовъ, нежели отъ значительнаго различія въ опредѣленіи абсолютныхъ количествъ тѣлъ.

Во всякомъ случаѣ остается еще нерѣшеннымъ вопросъ, происходитъ ли возстановленіе частію вслѣдствіе непосредственнаго дѣйствія угля (какъ мы принимали въ вышеприведенномъ разчетѣ), или же оно совершается все на счетъ окиси углерода, переходящей при этомъ въ угольную кислоту, которая немедленно возстановляется дѣйствіемъ раскаленнаго угля.

Расходование тепла внутри доменной печи.

Если мы захотимъ опредѣлить количество развиваемаго внутри доменной печи тепла, считая на 100 ф. чугуна и оставляя безъ вниманія отдѣльные части процесса, то увидимъ, что главнѣйшіе источники тепла будутъ слѣдующіе:

1) Въ газахъ колошника содержится 95,16 ч. по вѣсу углекислоты и 103,71 ч. окиси углерода; но въ рудѣ заключаются 25,43 ч. углекислоты, слѣдовательно отъ сгорания древеснаго угля образуется всего $95,16 - 25,43 = 69,73$ ч. угольной кислоты, да еще 103,71 ч. окиси углерода.

Такимъ образомъ оказывается, что изъ углерода древеснаго угля, поступающаго въ печь, сгораетъ

19,02 ч. по вѣсу въ угольную кислоту и

44,47 » » » » окись углерода, и при этомъ развивается

теплоты:

$$19,02 \times 8086 = 153,796 \text{ ед.}$$

$$44,47 \times 2473 = 109,974 \text{ »}$$

$$\text{Всего } 263,770 \text{ ед. тепла.}$$

2) Нагрѣтое дутье приноситъ съ собою также извѣстное количество теплоты въ печь; но такъ какъ температура воздуха у разныхъ фурмъ неодинакова, то мы и будемъ дѣлать расчетъ для каждой фурмы отдѣльно. Оказывается, что 296,70 ед. по вѣсу воздуха, вдуваемого черезъ четыре фурмы въ печь, приносятъ съ собою слѣдующее количество тепла:

$$\text{Черезъ фурму № 1-й } 82,82 \times 450 \times 0,2377 = 8,860 \text{ ед.}$$

$$\text{» } \text{» } \text{» } 2\text{-й } 94,70 \times 280 \times 0,2377 = 6,303 \text{ »}$$

$$\text{» } \text{» } \text{» } 3\text{-й } 54,31 \times 520 \times 0,2377 = 6,713 \text{ »}$$

$$\text{» } \text{» } \text{» } 4\text{-й } 64,87 \times 280 \times 0,2377 = 4,317 \text{ »}$$

$$\text{Всего. } \dots \dots \dots 26,193 \text{ ед. тепла.}$$

3) На 100 ч. чугуна причитается 209,09 ч. по вѣсу руды, поступающей въ плавку прямо изъ рудообжигательной печи, и нагрѣтой среднимъ числомъ до 400° (на самомъ дѣлѣ температура руды колеблется между 200 и 600°Ц.); слѣдовательно, этимъ путемъ домна получить:

$$209,09 \times 400 \times 0,18 = 15,054 \text{ ед. тепла.}$$

Перечисливъ всѣ источники развивающагося въ дознѣ тепла,—посмотримъ теперь куда оно расходуется при доменной плавкѣ.

1) На расплавленіе чугуна и нагрѣваніе до 1700°Ц., т. е. температуры, наблюдаемой у лихтлоха, расходуется:

$$\text{На нагрѣваніе чугуна } ^1) \text{ потребуеся } 100 \times 1300 \times 0,15286 = 19,872 \text{ ед. тепла.}$$

$$\text{На расплавл. чуг. (скрытый теплородъ)} \quad 100 \times 139 = 13,900 \text{ » } \text{»}$$

$$\text{Всего } 33,772 \text{ ед. тепла.}$$

Въ расчетѣ этомъ, какъ для теплоемкости, такъ и для скрытаго теплорода, мы беремъ величины, приводимыя Шинцомъ въ его «Documenten», а именно для теплоемкости—среднюю величину изъ чиселъ, приводимыхъ имъ для температуръ въ 400° и 1700°, а для скрытой теплоты плавленія чугуна—34 ед., т. е. число, выведенное тѣмъ же наблюдателемъ для блага чугуна.

2) Шлака на 100 ч. чугуна получается около 65 ч. по вѣсу. Изъ этого количества $-14,00 + 1,51 = 15,51$ ч., заимствуемая изъ флюса и золы горючаго, должны быть нагрѣты на 1700°, тогда какъ остальные 49,34 ч., происходя-

¹⁾ Начиная съ 400°, т. е. средней температуры руды, засыпаемой въ печь.

ція изъ руды, должны быть нагрѣты всего лишь на $1700 - 400 = 1300^\circ$. Основываясь и здѣсь на данныхъ Шинца, мы находимъ количество потребной для этого теплоты слѣдующимъ образомъ:

На нагрѣваніе	$15,51 \times 1700 \times 0,24654 =$	6,500 ед. тепла.
» »	$49,34 \times 1300 \times 0,26579 =$	17,048 » »
Становится скрытымъ	$64,85 \times 60 =$	3,891 » »
	Всего	27,439 ед. тепла.

3) Запуганный въ шлакѣ чугуны, въ количествѣ 4,02 ед. по вѣсу, извлекаемый промывкой и поступающій обыкновенно тотчасъ же обратно въ печь, потребуетъ для расплавленія:

$4,02 \times 1700 \times 0,14348 =$	984 ед. тепла.
$4,02 \times 139$	= 560 » »
	Всего 1,544 ед. тепла.

Но такъ какъ во время опытовъ вымытый изъ шлаковъ чугуны не прибавлялся обратно въ шихту, то мы не будемъ принимать величину эту въ соображеніе.

4) Такъ какъ въ рудѣ содержится 25,43 ч. по вѣсу углекислоты, а на выдѣленіе одной по вѣсу части этого газа расходуется 110 ед. тепла, то на все количество CO_2 потребуется:

$$25,43 \times 110 = 2,797 \text{ ед. тепла.}$$

5) Воды нужно превратить въ паръ 3,8 ч. и на это погребуется:

$$3,8 \times 536 = 2,037 \text{ ед. тепла.}$$

6) Значительное количество тепла расходуется при возстановленіи желѣза, марганца и кремнія. Желѣзо, а по всей вѣроятности и марганецъ, при сгораніи своемъ развиваютъ на единицу по вѣсу расходуемаго кислорода слѣдующія количества тепла:

По Дюлонгу . . .	$4,327$	ед. тепла.
» Вудсу . . .	$4,213$	» »
» Андрью . . .	$4,134$	» »

т. е. среднимъ числомъ—4,225 ед. тепла. Тоже самое количество тепла расходуется при возстановленіи окисловъ этого металла, и мы имѣемъ:

Кислорода, соединеннаго съ желѣзомъ . . .	$38,26$	ед. тепла.
» » » марганцемъ . . .	$6,45$	» »
	Всего	38,71 ед. тепла.

Такъ какъ кремній, стораая въ кремневую кислоту, развиваетъ 7,830 ед. тепла, а въ разсматриваемомъ нами случаѣ возстанавляется 0,34 ч. кремнія, то все количество тепла, потребное на возстановленіе руды, въ данномъ случаѣ составитъ:

$$38,71 \times 4225 = 163,549 \text{ ед. тепла.}$$

$$0,34 \times 7830 = 2,662 \text{ » »}$$

Всего 166,221 ед. тепла.

7) Воды для охлажденія фурмъ расходуется на каждые 100 ф. чугуна по 1,14 куб. фута; температура воды повышается при этомъ на 12°Ц, такъ что весь расходъ тепла отъ этой причины составитъ: $56,44 \times 1,14 \times 12 = 772$ ед. тепла.

8) Газы колошника уходятъ изъ печи нагрѣтыми до 500° и уносятся, слѣдовательно, соотвѣтственное этой температурѣ, количество тепла:

Угольная кислота $95,16 \times 0,2161 \times 500 = 10,296$

Окись углерода $103,71 \times 0,2479 \times 500 = 12,855$

Углеродородный газъ $1,68 \times 0,5939 \times 500 = 598$

Водородъ $1,28 \times 3,4046 \times 500 = 2,203$

Азотъ $241,31 \times 0,244 \times 500 = 29,440$

Всего 55,392 ед. тепла.

9) Потеря теплоты вслѣдствіе теплопроводности стѣнъ печи можетъ быть выведена по разности между приходомъ тепла и суммою вышеприведенныхъ статей расхода.

Сводя вмѣстѣ всѣ статьи прихода и расхода тепла, мы получимъ слѣдующую таблицу:

Печи доставляется теплота:

Отъ сгорания древеснаго угля 263,770 ед. тепла.

Отъ нагрѣтаго дутья 26,193 » »

Съ горячей рудой 15,054 » »

Всего 305,017 ед. тепла.

Изъ этого количества расходуется:

На расплавленіе чугуна	33,772 ед. т. или	11,12%	всего количества .
» плавленіе шлака	27,439 » »	—	9,03% » »
» выдѣленіе угольной кислоты.	2,794 » »	—	0,90 » »
» испареніе воды	2,037 » »	—	0,66 » »
» возстановленіе руды	166,211 » »	—	54,66 » »

Уносится: водою охлаждающею

фурмы	772	ед. т.	или	0,25%	всего количества.
» газами колошника .	55,392	»	»	— 17,59	»
» чрезъ лучеиспусканіе	16,597	»	»	— 5,79	»
Всего . .	305,617	»	»	— 100,00	»

Такимъ образомъ изъ-всего количества тепла, развивающагося въ печи, расходуется:

На плавленіе	21,71%
На возстановленіе	54,66%
Уносится изъ печи	23,63%
	<u>100,00%</u>

Полное расходваніе горючаго матеріала.

Въ приведенномъ выше расчетѣ, мы разсматривали расходваніе теплоты, которая развивается въ печи отъ сгоранія древеснаго угля въ углекислоту и окись углерода, и приносится въ печь нагрѣтымъ воздухомъ и горячею рудою. Но горючій матеріалъ расходуется при этомъ далеко не совершенно, такъ какъ въ газахъ колошника всегда заключаются еще окись углерода, углеводороды и водородъ, которые при сгораніи своимъ способны развить еще значительное количество тепла. Часть этого тепла дѣйствительно можетъ быть употреблена съ пользою на нагрѣвъ воздуха и обжиганіе руды.

На сколько совершенно происходитъ пользованіе теплотою, которую могутъ дать эти газы, это мы сейчасъ увидимъ.

Если газы колошника будутъ сожжены сполна при помощи воздуха, то окись углерода перейдетъ въ углекислоту; углеводороды — въ углекислоту и воду, и водородъ — въ воду. Содержаніе въ газахъ колошника горючихъ веществъ и количество теплоты, которое развивается при сгораніи ихъ, будетъ нижеслѣдующее:

103,71 ч. окиси углерода даютъ	$103,71 \times 2403 =$	249,215	ед. тепла.
1,68 » углеводородовъ	$1,68 \times 3510 =$	5,897	»
1,28 » водорода	$1,28 \times 29,638 =$	37,936	»
		<u>293,048</u>	»

Въ случаѣ, если газы будутъ сжигаться горячими, то сюда придется прибавить еще 55,392 ед. тепла.

Для полного сжиганія газовъ колошника потребуется кислорода: $59,24 + 6,72 + 10,24 = 76,20$, или воздуха— $329,95$ ч., такъ что вѣсъ продуктово горѣнія будетъ равенъ $443,14 + 329,95 = 773,09$ частей по вѣсу.

Изъ развивающагося при этомъ количества тепла, цѣкоторая часть расходуется на нагрѣваніе дутья, другая же—на обжиганіе руды. Воздухъ непосредственно при выходѣ изъ нагрѣвательнаго прибора имѣетъ температуру въ 610° Ц., слѣдовательно, при прохожденіи своемъ чрезъ приборъ, онъ успѣвъ поглотить $296,70 \times 610 \times 0,3377 = 43,210$ ед. т. Но такъ какъ съ дутьемъ доставляется въ печь всего лишь 26,193 ед. т., то потеря вслѣдствіи теплопроводности стѣнокъ воздухопровода выразится числомъ:

$$43,021 - 26,193 = 16,828 \text{ ед. тепла.}$$

Слѣдовательно, она составляетъ 39,1 % того количества теплоты, которое воздухъ поглощаетъ въ воздухонагрѣвательномъ приборѣ.

Если принять во вниманіе, что воздухонагрѣвательный приборъ поставленъ очень близко къ домнѣ, то нельзя не признать такую потерю тепла весьма значительною, на что мы впрочемъ указывали и раньше, говоря о разницѣ температуръ дутья у разныхъ фурмъ.

Такъ какъ температура газовыхъ рудообжигательныхъ печей равняется приблизительно 900° , то на обжиганіе руды потребуется количество тепла, опредѣленное слѣдующимъ вычисленіемъ:

Для того, чтобы получить 209,09 ч. по вѣсу обожженной руды, надо взять 265,5 ч. руды сырой, принимая потерю при пожогѣ = 27%. Потеря эта, судя по результатамъ анализовъ, составляется изъ 48,07 ч. углекислоты и 8,36 ч. по вѣсу воды, которыя выдѣляются при пожогѣ.

Теплоемкость необожженного шпатоваго желѣзняка (см. у Шипца, стр. 30) при 900° Ц., равняется 0,352; слѣдовательно потребуется:

на нагрѣвъ руды	$257,16 \times 900 \times 0,352 =$	81,462 ед. 7.
» выдѣленіе углекислоты.	$48,07 \times 110 =$	5,288 » »
» испареніе влажности	$8,30 \times 536 =$	4,481 » »

Всего 91,231 ед. тепла.

Въ расчетъ этотъ введенъ вѣсъ сырой руды, такъ какъ послѣдняя должна быть предварительно нагрѣта, и уже послѣ нагрѣванія уменьшается въ вѣсѣ.

Разность между количествомъ тепла, развивающагося при сгораніи теплыхъ газовъ колошника и количествомъ теплоты, израсходованной съ пользою, составитъ такимъ образомъ:

$$348440 - (43021 + 91231) = 214,188 \text{ ед. тепла,}$$

которыя теряются бесполезно, частію потому, что продукты горѣнія уносятъ съ собою извѣстное количество тепла, частію потому, что газы колошника, при нисхожденіи своемъ до пола фабрики, при промывкѣ и очисткѣ ихъ,

теряютъ то тепло, которое они уносятъ съ собою изъ печи; наконецъ нѣкоторое количество единицъ тепла теряется влѣдствіе теплопроводности стѣнъ обжигательныхъ печей и воздухонагрѣвательныхъ приборовъ. Гдѣ именно и сколько теряется тепла отъ всѣхъ этихъ причинъ, — сказать невозможно, потому что намъ неизвѣстно съ точностію и то, какая именно часть колошниковыхъ газовъ идетъ на обжогъ руды, и какая тратится на нагрѣваніе дутья.

На основаніи всѣхъ вышеприведенныхъ данныхъ мы можемъ составить таблицу общаго расхода тепла, развивающагося при полномъ сгораніи угля:

Всего можетъ быть получено единицъ тепла:

Въ домнѣ при неполномъ горѣніи древеснаго угля	263,770	ед. тепла.
Доставляется въ печь съ нагрѣтымъ дутьемъ	26,193	
» » » горячей рудой	15,054	
Внѣ домны при полномъ сгораніи газовъ колошника	348,440	
Всего	653,457	ед. тепла.

Изъ этого количества тепла расходуется:

1) *Въ сажей доменной печи:*

	един. тепла.	
На расплавленіе чугуна	33,772	или 5,17 %
» шлака	27,439	» 4,21 »
выдѣленіе угольной кислоты	2,797	» 0,42 »
испареніе воды	2,037	» 0,31 »
возстановленіе руды	166,211	» 25,43 »
Уносятся газами колошника	55,392	» 8,48 »
» водою охлаждающею фурмы	772	» 0,10 »
Теряется влѣдствіе теплопроводности стѣнъ печи	16,597	» 2,56 »
Всего	305,017	» 46,68 »

2) *Внѣ печи:*

	един. тепла.	
На нагрѣвъ воздуха	43,021	или 6,59 %
На обжиганіе руды	91,231	» 13,96 »
Потеря теплоты, уносимой горячими продуктами горѣнія, а также потеря тепла влѣдствіи лучеиспусканія	214,188	» 32,77 »
Всего	653,457	» 100,00 »

Приходъ и расходъ тепла въ пространство между горизонтомъ фурмъ и горизонтальною плоскостью, проходящею на 6 ф. выше послѣднихъ.

Непосредственно на горизонтѣ фурмъ сожигаются:

1,88 углерода въ угольную кислоту
46,63 » » окись углерода.

Далѣе, на пути отъ фурмъ до горизонта 6 ф. выше фурмъ, сожигается еще 4,61 ч. по вѣсу углерода и 5,95 ч. окиси углерода въ углекислоту.

Количество теплоты, развивающейся въ этомъ пространствѣ, вслѣдствіе горѣнія, составитъ:

У фурмъ	$1,88 \times 8086 = 15,202$	ед. тепла
Въ пространствѣ отъ фурмы до высоты 6 ф.	$4,61 \times 8086 = 37,276$	» »
	$5,95 \times 2043 = 14,298$	» »
Доставляется нагрѣтымъ дутьемъ	<u>26,193</u>	» »
Всего	<u>207,790</u>	ед. тепла.

Такъ какъ приходящія сверху въ это пространство вещества нагрѣты до 960° Ц, а уходящія изъ него газы имѣютъ ту же температуру, то расходъ тепла здѣсь будетъ:

На нагрѣваніе желѣза отъ 960°

до 1700°	$100 \times 740 \times 0,1735 = 12,839$	
скрытый теплородъ	$100 \times 139 = 13,900$	
	<u>25,739</u>	ед. т.

На нагрѣваніе шлака отъ 960°

до 1700° Ц.	$64,85 \times 740 \times 0,297 = 14,251$	
------------------------------	--	--

Скрытаго теплорода $64,85 \times 60 =$	<u>3,891</u>	
	<u>18,142</u>	ед. т.

На выдѣленіе угольной кислоты	$7,99 \times 110 = 879$	
---	-------------------------	--

На возстановленіе желѣза и марганца	$15,69 \times 4225 = 66,292$	
---	------------------------------	--

На возстановленіе кремнія	$0,34 \times 7830 = 2,662$	
-------------------------------------	----------------------------	--

Уносится водою, охлаждающею фурмы.	772	
--	-----	--

Газы уносятъ изъ этого пространства:

43,20 углекислоты	$43,20 \times 0,2164 \times 960 =$	8975 ед. т.
100,73 окиси углерода.	$100,73 \times 0,2479 \times 960 =$	24071 » »
0,56 водорода	$0,56 \times 3,4046 \times 960 =$	1830 » »
212,07 азота.	$212,07 \times 0,244 \times 960 =$	49675 » »
Всего уносится газами.		<u>84,551 ед. т.</u>
Теряется чрезъ лученспусканіе стѣнь ¹⁾		<u>8,753 ед. т.</u>
Весь расходъ тепла		207,790 ед. т.

*Расходъ и приходъ тепла въ пространство между колошникомъ и гори
зонтомъ въ 6 ф. выше фурмъ.*

Приходъ тепла:

Газы приносятъ съ собою 84,551 ед. т.

Угля сожигается:

8,39 въ угольную кислоту	$8,39 \times 8086 =$	67,841 ед. т.
3,30 въ окись углерода	$3,30 \times 2473 =$	8,162 » »
Приносятся горячею рудой		<u>15,054 » »</u>
Всего.		175,608 ед. т.

Въ пространствѣ отъ горизонта фурмъ до высоты 6 ф.
падъ пими—приходъ тепла 207,790 ед. т.

Прилагая сюда теплоту, развивающуюся выше этого
пространства отъ горѣнія угля 76,003 » »
и теплоту, приносимую рудой. 15,054 » »
Получимъ всего 298,847 » »

Между тѣмъ прежде мы вывели весь приходъ тепла = 305,017 ед. т.

Разница въ результатахъ, составляющая 6,170 ед. тепла, или почти 2%₀,
происходитъ вѣроятно отъ того, что группированіе углерода и кислорода, при-
нятое нами, не совсѣмъ точно. Во избѣжаніе послѣдней ошибки мы слѣдую-
щимъ образомъ исправимъ найденныя нами величины.

Отъ сгоранія древеснаго угля въ дѣлой печи развивается	263,770 ед. т.
Въ пространствѣ между фурмою и горизонтомъ 6 ф. выше.	181,597 » »
Остается на долю пространства отъ колошника до высоты 6 ф. надъ фурмою.	82,173 » »
Сюда прилагаемъ теплоту, приносимую газами.	84,551 » »
» » » » рудой.	<u>15,054 » »</u>
Всего	181,778 ед. т.

¹⁾ По разности.

<i>Расходъ теплоты:</i>	Въ единицахъ тепла.	Въ процен- тахъ.
На нагрѣваніе чугуна отъ 400 до 960°	8033 ед. или	4,16 ⁰ / ₀
На нагрѣваніе шлакующихся веществъ	9297 » »	5,02 ⁰ / ₀
На выдѣленіе угольной кислоты	1918 » »	1,01 ⁰ / ₀
» испареніе воды	2037 » »	1,10 ⁰ / ₀
» возстановленіе руды	97257 » »	51,92
Уносится газами колошника	55392 » »	32,50
Теряется вслѣдствіе лучеиспусканія	7844 » »	4,29
Всего	182,778 » »	100,00

Для того, чтобы удобнѣе видѣть, какимъ образомъ распредѣляется работа, совершаемая теплотою внутри домны, мы прилагаемъ нижеслѣдующую таблицу, гдѣ количества работы выражены въ процентахъ:

	Отъ колошника до глубины 6 ф. надъ фурмой.	Отъ фурмы до горизонта 6 ф. надъ фурмой.	Въ цѣлой печи.
На испареніе воды	100	—	100
Выдѣленіе углекислоты	68,5	31,5	100
Возстановленіе руды	58,5	41,5	100
Насыщеніе желѣза углемъ	?	?	100
Нагрѣваніе и расплавленіе чу- гуна	23,5	76,5	100
Нагрѣваніе и расплавленіе шла- ковъ	33,8	66,2	100
Потеря теплоты:			
Уносится водою, охладж. фурмы.	—	100,0	100
Теряется чрезъ лучеиспусканіе стѣнъ	47,2	52,8	100
Уносится газами колошника	100	—	100

Заключеніе.

Отношеніе количествъ угля и руды внутри печи далеко не то самое, какъ у колошника при засыпкѣ ихъ. Еще раньше мы сказали, что 1256 куб. ф. угля, засыпанные въ печь, занимаютъ въ ней лишь объемъ, равный 1120 куб. ф. и что одновременно съ этимъ засыпанные руды наполняютъ собою только часть промежутковъ между углями. Но такъ какъ въ печи помѣщается всего лишь 50 колошъ руды, то отношеніе между всѣми рудъ и угля будетъ:

при засыпкѣ какъ 100: 39
внутри печи » 100: 50.

Слѣдовательно 100 ч. по вѣсу руды проходятъ черезъ печь вмѣстѣ съ 50 ч. угля, хотя самый процессъ требуетъ всего только 39 ч. угля.

Возстановленіе руды въ этой древесноугольной печи, совершается очень быстро, ибо руда остается въ ней всего лишь 6 и не болѣе 7 часовъ, между тѣмъ какъ въ другихъ печахъ, особливо коксовыхъ, она остается болѣе 20 часовъ. Въ данномъ случаѣ такое быстрое возстановленіе руды объясняется конечно частію и самымъ свойствомъ руды, которая, отъ выдѣленія изъ нея угольной кислоты, становится весьма пористою и стало быть удобно проницаемою газами, частію же тѣмъ, что температура въ верхнихъ частяхъ печи довольно высока, а потому и самые газы дѣйствуютъ на руду очень быстро и энергично. Благодаря высокой температурѣ верхнихъ частей печи, окись углерода и въ этомъ пространствѣ уже дѣйствуетъ сильно возстановляющимъ образомъ на руду, такъ что здѣсь образуется большое количество углекислоты, сравнительно съ окисью углерода, нежели въ другихъ печахъ, въ которыхъ температура шахты оказывается достаточною для превращенія углекислоты въ окись углерода, въ прикосновеніи съ углемъ, но недостаточно высокою для быстрого возстановленія руды. Главнымъ источникомъ окиси углерода слѣдуетъ считать пространство передъ и надъ фурмою—за исключеніемъ конечно фокуса горѣнія. Поднимающаяся по печи окись углерода дѣйствуетъ на руду возстановляющимъ образомъ, переходя при этомъ въ углекислоту, которая, дѣйствіемъ горячаго угля, частію снова превращается въ окись углерода. На пространствѣ между фурмами и колошникомъ происходитъ непрерывно переходъ то окиси углерода въ углекислоту, то углекислоты въ окись углерода, и относительныя количества этихъ тѣлъ, въ массѣ газовъ, наполняющихъ печь, будутъ измѣняться смотря потому, насколько обстоятельства благопріятствуютъ образованію того или другаго газа.

Въ данномъ случаѣ возстановленіе руды, поступающей въ печь уже нагрѣтою, начинается очень высоко, а потому въ газахъ колошника и содержится сравнительно большее количество углекислоты, которая, образуясь также въ верхнихъ частяхъ печи, быстро выходитъ изъ нея и слѣдовательно не имѣетъ случая перейти въ окись углерода въ прикосновеніи съ раскаленнымъ углемъ. Опускающіяся внизу руды, уже выдѣлившія въ верхнихъ горизонтахъ печи часть своего кислорода, подвергаются вліянію новыхъ количествъ окиси углерода, которая при этомъ также переходитъ въ углекислоту, и такимъ образомъ идетъ до самыхъ нижнихъ частей печи, куда руда приходитъ почти совершенно возстановленною и гдѣ по этому количество окиси углерода быстро возрастаетъ сравнительно съ углекислотою.

Для лучшаго уясненія всего вышесказаннаго мы приводимъ здѣсь численныя данныя, выражающія собою отношенія между количествами углекислоты и окиси углерода, на различныхъ горизонтахъ печи, съ которыхъ взяты были пробы газа для анализа. Что касается до газовъ, взятыхъ у колошника и у

лихтлоха, то мы возьмемъ результаты анализовъ, приведенныхъ выше и (стр. 171) означенныхъ буквою а.

Окись углерода относится къ угольной кислотѣ:

		По объему.	По вѣсу.
Въ газахъ колошника—какъ		100 : 58,5	какъ 100 : 91,8
На 14	ф. ниже колошника	» 100 : 55,6	» 100 : 89,6
» 18	» »	» 100 : 48,7	» 100 : 76,6
» 25 ¹ / ₂	» »	» 100 : 51,7	» 100 : 81,6
» 28	» »	» 100 : 45,1	» 100 : 70,5
» 29	» »	» 100 : 44,6	» 100 : 66,4
» 32	» »	» 100 : 44,6	» 100 : 66,4
» 34	» »	» 100 : 27,3	» 100 : 42,8
» 40	» »	» 100 : 4,1	» 100 : 6,3

Отношенія эти въ верхнихъ частяхъ печи окажутся еще болѣе благоприятными для окиси углерода, если мы выбросимъ изъ разчета своего углекислоту, выдѣливающуюся изъ руды. Въ такомъ случаѣ отношенія количествъ окиси углерода къ углекислотѣ будутъ почти одинаковы на всемъ пространствѣ шахты печи, считая отъ колошника до горизонта 6 или 7 ф. надъ фурмою.

Насколько быстро совершаются всѣ эти измѣненія въ составѣ газовъ,—можно судить между прочимъ и по тому, что угольная кислота, образующаяся въ фокусѣ горѣнія, на 10—12 д. выше оказывается уже почти сплона превращенною въ окись углерода.

На болѣе высокихъ горизонтахъ печи, гдѣ температура значительно ниже, реакціи эти идутъ гораздо медленнѣе, но все же довольно быстро, потому что и самая скорость движенія газовъ по шахтѣ печи довольно значительна.

Приблизительное опредѣленіе скорости движенія газовъ можетъ быть сдѣлано на основаніи нижеслѣдующихъ соображеній: Промежутки между углями при первоначальномъ наполненіи печи представляютъ собою объемъ = 370 куб. фугамъ. Часть этого пространства, именно около 150 ф., займетъ рудою, наполняющею собою промежутки между углями, такъ что въ печи останется еще около 220 куб. ф. свободнаго пространства, которое могутъ наполнить газы.

У колошника. 34 ф. ниже колошника. У фурмы.

На каждые 100 ч. чугуна приходится газовъ,

относя объемъ ихъ къ 0° 6700 куб. ф.

6100 куб. ф.

5800 куб. ф.

Температура газовъ = 500°

960°

1700°Ц.

Объемъ, занимаемый га-

зами при этой темпера- турѣ	18960 куб. ф.	27560 куб. ф.	41900 куб. ф.
Объемъ газовъ въ 1 м.	5600 »	7600 »	11700 »
Количество газа, при- текающаго въ 1 м., мо- жетъ наполнить свобод- ное пространство . . .	25 разъ	34 раза	50 разъ,

если только не происходитъ какого-либо измѣненія въ составѣ газовъ и температурѣ ихъ. Припимая какъ среднюю величину 30, мы увидимъ, что газы должны двигаться въ печи со скоростью около 20 ф. въ секунду. Хотя бы въ дѣйствительности скорость и не была такъ велика, все же достаточно нѣсколько секундъ времени для того, чтобы газы успѣли пройти отъ фурмы до колошника.

Считаемъ не лишнимъ замѣтить здѣсь, что на поверхности кусковъ руды, опущенной въ коробѣ въ печь, никогда не замѣчалось нами отложеній порошкообразнаго углерода, которая такъ часто наблюдалъ Дж. Л. Белль. Впрочемъ, по опредѣленіямъ Грюпера, образованіе такихъ отложеній происходитъ лишь при температурѣ ниже 500°, между тѣмъ какъ въ данномъ случаѣ температура и въ самой холодной части печи была значительно выше.

Вообще можно принимать, что горючій матеріалъ расходуется тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ больше образуется при горѣннн его углекислоты, сравнительно съ окисью углерода; но при доменной плавкѣ главная цѣль процесса состоитъ въ возстановленіи руды, которое возможно только при условіи присутствія значительнаго количества окиси углерода въ продуктахъ горѣннн.

Слѣдствіемъ этого является значительная потеря тепла, которая, конечно, до извѣстной степени уменьшается тѣмъ, что колошниковыми газами пользуются, для нагрѣванія дутья, обжога рудъ и отопленія паровыхъ котловъ.

Какъ велико это количество теплоты, которое еще можетъ быть употребляемо съ пользою, это покажетъ намъ ниже приведенный расчетъ:

На заводѣ Ейзенерцъ мѣха приводятся въ движеніе водою, и потому мы возьмемъ другую доменную печь, работающую при одинаковыхъ приблизительно условіяхъ (размѣры печи и производительность ея почти тождественны съ печью зав. Ейзенерцъ), у которой колошниковые газы отводятся для топки паровыхъ котловъ.

Такова принадлежащая городу Леобену доменная печь въ Форденбергѣ, у которой въ паровомъ котлѣ воздуходувной машины въ 24 ч. превращается въ паръ 40 фунтоваго давленія около 360 куб. ф., температурою около 10° Ц.; такимъ образомъ на каждые 100 ф. чугуна потребно было 32,509 ед. тепла. Если вставить величину эту въ нашъ расчетъ относительно пользованія теплою, то мы получимъ слѣдующую таблицу.

Если подвергнуть горячіе газы колошника совершенно полному сжиганію, то можно получить 348,440 ед. тепла.

Изъ этого количества тепла расходуется:

На нагрѣваніе воздуха	43,021	»	»
» обжиганіе руды	91,231	»	»
» полученіе пара	32,509	»	»
	<hr/>		
	166,761	ед.	тепла.

Слѣдовательно и въ этомъ, самомъ благопріятномъ, случаѣ употребляется съ пользою только 47,8 % всего количества тепла, которое развивается при совершенномъ сгораніи теплыхъ газовъ колошника.

Но даже и такое пользованіе теплотою газовъ удается довольно рѣдко, потому что, при нисхожденіи своемъ отъ колошника до пола фабрики, газы сильно стынутъ, стѣны топковъ у котловъ и воздухонагрѣвательныхъ приборовъ поглощаютъ и проводятъ хорошо теплоту, и наконецъ значительное количество послѣдней уносится въ трубу горячими продуктами горѣнія. Что потеря тепла отъ послѣдней причины дѣйствительно очень велика, можно судить уже потому, что продукты горѣнія, уходящіе по трубѣ изъ воздухонагрѣвательнаго аппарата завода Ейзенерцъ, — имѣютъ температуру около 450° Ц.

Допуская тѣмъ не менѣе и такое возможно полное пользованіе запасомъ тепла, заключающимся въ газахъ колошника (которое въ дѣйствительности существуетъ у многихъ доменныхъ печей), мы видимъ, что отъ всего количества тепла, развивающагося при полномъ сгораніи древеснаго угля, расходуется:

Въ доменной печи.

На возстановленіе	25,43%
На расплавленіе чугуна и шлака	9,38
На испареніе угольной кислоты и воды	0,73%
Теряется вслѣдствіе теплопроводности стѣнъ печи, охлажденія фурмъ водою и уносится газами колошника.	11,14%

Внѣ доменной печи.

На нагрѣваніе дутья	6,59
» обжиганіе руды	13,96
» образованіе пара въ котлѣ	5,00
Итого	<hr/> 25,55
Теряется лучистой теплоты и уносится продуктами горѣнія	27,77
Всего	<hr/> 100,00.

Такимъ образомъ при вышеприведенныхъ условіяхъ можетъ быть израсходовано съ пользою лишь 60% всего количества тепла, развивающагося при совершенно полномъ сгораніи угля, тогда какъ остальные 40% терятся безо всякой пользы.

МАТЕРІАЛЫ ДЛЯ СУЖДЕНІЯ О ВЛІЯНІИ СИЛЬНО НАГРѢ- ТАГО ДУТЬЯ ПРИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКѢ.

Статья Туннера ¹⁾.

Многіе заводскіе люди помнятъ, безъ сомнѣнія, что на первыхъ порахъ, когда вводилось горячее дутье при доменной плавкѣ, у большей части печей температура воздуха близъ сопла не превышала 150—300°. Опытъ показалъ однакоже, что и при этомъ уже замѣчалась экономія въ горючемъ, составлявшая отъ 15 до 30%, такъ что если и слышались мнѣнія противъ сильнѣйшаго нагрѣ-
вапія воздуха, то они основывались единственно на пониженіи достоинства чугуна, каковое дѣйствительно наблюдалось въ нѣкоторыхъ случаяхъ. Химическое изслѣдованіе сортовъ чугуна, выплавленныхъ съ нагрѣтымъ дутьемъ, показало намъ, что нѣкоторое ухудшеніе его качествъ слѣдуетъ приписать главнѣйше значительному увеличенію количества содержащагося въ немъ кремнія. Такое повышеніе содержанія кремнія по всей вѣроятности происходитъ оттого, что при употребленіи нагрѣтаго дутья, въ нижней части печи (гдѣ происходитъ возстановленіе кремнія) температура обыкновенно значительно выше, нежели при плавкѣ съ холоднымъ дутьемъ.

Увеличеніе сыпи въ колошу представляется по видимому простѣйшимъ средствомъ для пониженія господствующаго въ нижней части печи слишкомъ сильнаго жара и возстановленія такого отношенія температуръ, какое имѣ-
етъ мѣсто при употребленіи холоднаго дутья. Опытъ показалъ однакоже, что средство это не всегда оказывается удобнымъ, такъ какъ съ увеличеніемъ сыпи въ колошу, очень часто замѣчалось дурное возстановленіе руды и недостаточное насыщеніе желѣза углеродомъ. При употребленіи нагрѣтаго дутья переходъ отъ спѣлаго хода плавки, при которомъ получается сѣрый чугунъ, къ разстроенному оказывается столь незначителенъ, что въ Австріи довольно долго сомнѣвались въ томъ, можетъ ли печь, употребляющая нагрѣтое дутье, долгое время вести плавку на бѣлый чугунъ.

При ближайшемъ изученіи процесса доменной плавки, нашлось впрочемъ еще другое средство помѣшать возстановленію слишкомъ значительнаго количества кремнія, не препятствуя въ тоже время возстановленію желѣза и насыщенію его углеродомъ; средство это заключается въ составленіи шихты болѣе основной (черезъ увеличеніе количества прибавляемой въ колошу извести), причемъ кремнеземъ гораздо сильнѣе удерживается плаками. Средство это примѣняется съ успѣхомъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда шихта безъ того

¹⁾ Переводъ Н. А. Юсса.

не содержитъ избытка извести, заключается ли послѣдняя въ самой рудѣ, или прибавлена въ избытокѣ съ какой нибудь другою цѣлью, напр. для того, чтобы парализовать вліяніе сѣры. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно еще помочь бѣдѣ посредствомъ расширенія верхняго горна и уменьшенія густоты дутья, хотя средства эти могутъ быть примѣнены лишь въ очень небольшихъ размѣрахъ.

Само собою разумѣется, что въ тѣхъ случаяхъ, когда увеличеніе содержанія кремнія въ чугуиѣ не можетъ считаться вреднымъ, выше приведенныя средства оказываются излишними, и повышеніе температуры дутья съ самаго начала дастъ прекрасные результаты.

Въ настоящее время употребленіе нагрѣтаго дутья при доменной плавкѣ столь распространено, что заводскому человѣку какъ-то странно встрѣтить дому, работающую съ холоднымъ дутьемъ¹⁾; по въ послѣднее время возникъ другой вопросъ, составляющій яблоко раздора между заводскими людьми—вопросъ о томъ, до какой температуры выгодноѣ нагрѣвать дутье, съ экономической стороны. Въ Англіи, гдѣ Нельсонъ впервые ввелъ (въ 1827 году) въ употребленіе горячее дутье, всегда почти нагрѣвали воздухъ при доменной плавкѣ сильнѣе, нежели въ другихъ странахъ. Въ Клевеландскомъ округѣ впервые дошли до нынѣшнихъ увеличенныхъ размѣровъ чугунныхъ трубчатыхъ аппаратовъ, равно какъ до употребленія приборовъ Каупера и Витвелля, при помощи которыхъ сдѣлалось возможнымъ нагрѣваніе дутья до 500 и даже 800° Ц. Такимъ образомъ въ Англіи впервые возникъ вопросъ относительно наивыгоднѣйшей (въ экономическомъ отношеніи) степени нагрѣва дутья и вѣроятно въ этой же странѣ онъ и будетъ скорѣе всего рѣшенъ практически, что впрочемъ не помѣшаетъ намъ подробно разсмотрѣть здѣсь этотъ вопросъ.

Большая часть англійскихъ металлурговъ и заводскихъ людей высказывается (судя по преніямъ объ этомъ предметѣ, напечатаннымъ въ «Journal of the Institution of Civil Engineers») въ пользу по возможности сильнаго нагрѣва воздуха, или, по крайней мѣрѣ, утверждаютъ, что по нынѣ не дошли еще до такой температуры нагрѣва, чтобы при повышеніи ея не замѣтно было уменьшеніе расхода горючаго. Во главѣ противной партіи, утверждающей, что, по крайней мѣрѣ въ Клевеландѣ, эта граница уже достигнута и даже перейдена,—находится I. L. Bell,—человѣкъ, внимательно изучившій доменную плавку въ Клевеландѣ и вообще посвятившій разъясненію доменнаго процесса болѣе труда и времени, чѣмъ кто либо другой въ наше время; поэтому и самое мнѣніе его не можетъ быть оставлено безъ вниманія.

Рѣшеніе спорнаго вопроса затрудняется главнѣйше тѣмъ обстоятельствомъ, что при данномъ составѣ шихты расходъ горючаго зависитъ не только отъ

¹⁾ Все это относится, конечно, къ Западной Европѣ; въ Россіи же, наоборотъ, доменная печь съ нагрѣтымъ дутьемъ составляетъ исключеніе изъ общаго правила.

степени нагрѣва воздуха (т. е. количества тепла, приносимаго въ печь дутьемъ), но и отъ относительной величины печи, а слѣдовательно и болѣе или менѣе совершеннаго пользованія теплотою внутри ея. Между тѣмъ, въ теченіи послѣднихъ лѣтъ, у большей части печей измѣнено не только устройство воздухонагрѣвательныхъ приборовъ, но одновременно съ этимъ увеличена и самая высота печи; по этому трудно сказать, на сколько замѣчаемое уменьшеніе расхода горючаго объясняется усиленнымъ нагрѣвомъ воздуха и на сколько оно зависитъ отъ повышенія печи. Если же вмѣстѣ съ повышеніемъ температуры дутья и увеличеніемъ размѣровъ самой печи измѣняется еще и составъ пихты, или качество выплавляемаго чугуна, въ такомъ случаѣ судить о вліяніи измѣненія температуры дутья становится еще труднѣе.

Мы приводимъ здѣсь вкратцѣ результаты изслѣдованій и опытовъ, произведенныхъ для рѣшенія этого вопроса Дж. Л. Беллемъ. Для лучшаго уясненія своихъ взглядовъ Белль беретъ доменную печь на столько большихъ размѣровъ, что передача тепла отъ восходящихъ по ней газовъ опускающимся по шахтѣ твердымъ тѣламъ и выдѣленіе изъ послѣднихъ кислорода происходитъ на столько совершенно, на сколько это вообще возможно въ доменной печи. Если теперь въ такую доменную печь вмѣсто холоднаго воздуха начать вдувать воздухъ нагрѣтый, напр., до 485° Ц., то конечно и въ домнѣ увеличенной вмѣстимости, должны бы были повидимому оказаться тѣже послѣдствія, какъ и въ другой печи меньшихъ размѣровъ. Но на практикѣ мы этого не видимъ, такъ какъ въ доменной печи, достаточно большой для надлежащаго окончанія процессовъ возстановленія и плавленія, единица тепла, принесенная дутьемъ, оказываетъ не больше дѣйствія, чѣмъ единица тепла, развивающаяся въ печи отъ горѣнія горючаго ¹⁾.

Такимъ образомъ, по мнѣнію Белля, гораздо проще, а слѣдовательно и экономичнѣе, сжигать горючій матеріалъ весь непосредственно въ печи при помощи холоднаго дутья, чѣмъ жечь часть его въ воздухонагрѣвательномъ приборѣ и вести плавку съ нагрѣтымъ дутьемъ. По его теоріи, употребленіе нагрѣтаго дутья можетъ быть выгодно въ экономическомъ отношеніи только въ томъ случаѣ, если для нагрѣванія воздуха расходуется горючій матеріалъ менѣе дорогой, нежели доменные газы, или даже совершенно непригодный для употребленія въ самой доменной печи, какъ напр. мелкій и нечистый уголь и др. ²⁾. Но такъ какъ въ дѣйствительности для этого обыкновенно расходуются газы

¹⁾ Противъ этого трудно что нибудь сказать, напротивъ того, повсемѣстно оставленное употребленіе воздухонагр. прибора Кабріоля служитъ подтвержденіемъ этого взгляда. Совѣмъ иначе представляется вопросъ въ томъ случаѣ, если черезъ сопло доставляется съ дутьемъ не только теплота, но и продукты горѣнія изъ воздухонагрѣвательнаго прибора.

²⁾ Выгода болѣе полнаго сгоранія (въ угольную кислоту) въ воздухонагр. аппаратѣ противъ доменной печи не можетъ имѣть въ этомъ случаѣ большаго значенія, такъ какъ она совершенно уравнивается потерей тепла, уносимаго изъ прибора продуктами горѣнія и расходомъ лучистой теплоты на пути отъ прибора до сопла.

колошника, то даже принимая теорію Белля остается все еще не рѣшеннымъ вопросъ, въ какой мѣрѣ расходъ дорогаго горючаго внутри печи можетъ замѣняться нагрѣваніемъ дутья.

Законъ влияния массъ, въ силу котораго возстапавлиющее дѣйствіе окиси углерода на желѣзную руду ослабляется присутствіемъ угольной кислоты, дѣйствующей окислительно, показываетъ намъ границу, послѣ которой сильнѣйшее нагрѣваніе дутья не можетъ уже приносить пользы, такъ какъ повышенію температуры печи должно соответствовать и количество окиси углерода въ газахъ.

Г-нъ Белль доказалъ опытами, что при употребленіи обожженной Клевландской руды и температуръ въ 300° Ц., смѣсь изъ 100 объемовъ окиси углерода и 50 объемовъ углекислоты оказывается совершенно нейтральною относительно окиси желѣза, тогда какъ при той же температурѣ смѣсь изъ 100 ч. окиси углерода и 45 ч. углекислоты уже дѣйствуетъ на окись желѣза возстапавлиющимъ образомъ. Между тѣмъ, при повышеніи температуры до краснаго каленія (600° Ц.), и послѣдняя смѣсь газовъ будетъ дѣйствовать уже не возстапавлиющимъ, а напротивъ того, окисляющимъ образомъ.

Но если принять въ соображеніе, что для совершенія химическихъ реакцій нужно извѣстное время, и что температура въ печи повышается книзу, то на практикѣ едва ли окажется удобнымъ доводить содержаніе кислорода въ газахъ до количества, соответствующаго 45 объемамъ углекислоты; но крайней мѣрѣ Белль полагаетъ, что при проплавкѣ Клевландскихъ рудъ не приходится обогащать газы кислородомъ больше, чѣмъ до количества, соответствующаго 40 объемамъ углекислоты на 100 объемовъ окиси углерода.

По разсчету Белля, для выплавки 1 тонны (20 центн.) чугуна изъ шихты съ 40% желѣза и 15% извести, нужно израсходовать 93,000 ед. тепла ¹⁾.

1) № 1. Въ поясъ плавленія:		
На расплавленіе чугуна	6,600	ед. т.
„ „ шлага	17,000	
„ разложеніе атмосферной влаги	2,800	
„ „ SiO ₂ , SO ₃ и PhO ₅	4,000	
Поглощается при уменьшеніи упругости входящаго въ печь воздуха	4,050	
На лучеиспусканіе стѣпъ печи	450	34,900
№ 2. Въ поясъ подогрѣванія теряется чрезъ лучеиспусканіе стѣпъ печи		
		2,500.
№ 3. Въ поясъ разложенія известняка:		
На выдѣленіе угольной кислоты	5,550	
На разложеніе углекислоты	5,760	11,310
№ 4. Въ поясъ возстапвленія:		
На возстапвленіе окиси желѣза	33,100	
На выдѣленіе и осажденіе углерода	1,440	
„ выдѣленіе влаги изъ кокса	300	
„ лучеиспусканіе стѣпъ печи	650	35,490.
№ 5. Уносятся газами колошника		
		8,800.
Всего		93,000 ед. т.

Для получения этихъ 93000 ед. тепла, при помощи холоднаго дутья, нужно израсходовать (наблюдая, чтобы отношеніе между CO и CO_2 по объему было, какъ 100:40) $25\frac{1}{2}$ ц. хорошаго дургамскаго кокса.

Но если принять тоже отношеніе 100 ч. CO къ 40 ч. CO_2 и считать по количеству кислорода, которое должно быть выдѣлено изъ соответствующаго одной тоннѣ чугуна количества руды, то оказывается для этого достаточно столько углерода, сколько его содержится въ $21—21\frac{1}{2}$ ц. кокса; слѣдовательно изъ $25\frac{1}{2}$ ц. кокса, расходуемаго при холодномъ дутьѣ на выплавку одной тонны чугуна, можно, при благоприятныхъ условіяхъ, сэкономить 4 ц. кокса, доставляя въ печь соответствующее этому количеству тепла съ нагрѣтымъ дутьемъ.

Для того, чтобы ввести въ печь количество тепла, соответствующее 4 ц. кокса, на каждую тонну выплаиваемаго чугуна, достаточно нагрѣть дутье до 485°C . Если же мы станемъ нагрѣвать воздухъ до 800° , то избытокъ тепла распространится, конечно, по всей печи, а вслѣдствіе повышенія температуры въ поясѣ возстановленія, угольляная кислота, прежде индеферентно относившаяся къ углероду, начнетъ дѣйствовать на него, переходя въ окись углерода. Отъ этого температура снова понизится, какъ въ поясѣ возстановленія—вслѣдствіе перехода углерода въ газообразное состояніе—такъ и въ поясѣ горѣнія, вслѣдствіе уменьшенія количества приходящаго туда углерода; въ результатѣ получится вообще тѣмъ больше окиси углерода въ газахъ колошника, чѣмъ большій избытокъ тепла будетъ доставляться въ печь чрезмѣрно нагрѣтымъ дутьемъ. Белль утверждаетъ, что дѣйствительно много разъ наблюдалъ подобнаго рода явленіе, и приводитъ въ примѣръ доменную печь завода Баррау и еще нѣсколько другихъ печей изъ окрестностей Миддельсборо, которая, работая съ дутьемъ, очень сильно нагрѣтымъ въ приборахъ Витвелля, расходовала однако же столько же горючаго, какъ и другія доменные печи, снабженныя чугунными приборами, въ которыхъ воздухъ нагрѣвался всего лишь до $450—500^{\circ}\text{C}$.

Белль соглашался съ тѣмъ, что приборы Витвелля представляютъ собою значительныя преимущества передъ обыкновенными приборами съ чугунными трубами, но если послѣдніе устроены у печей достаточно высокихъ, то главное преимущество приборовъ Витвелля—давать ровную струю воздуха, нагрѣтаго выше 500° , совершенно уничтожается, ибо столь сильное нагрѣваніе воздуха не влечетъ за собою соответственной экономіи въ горючемъ. Но если особія свойства руды, или горючаго, дѣлаютъ употребленіе высокихъ печей неудобнымъ, въ такомъ случаѣ сильно нагрѣтое дутье является безъ сомнѣнія весьма полезнымъ.

Способность доменныхъ газовъ отнимать кислородъ изъ руды, судя по опытамъ Белля, прекращается, какъ скоро 30% всего количества окиси углерода перешло въ углекислоту; отношеніе это представляетъ такимъ образомъ предѣлъ возможнаго уменьшенія расхода горючаго.

По изслѣдованію г. Белля, печь, высотой въ 80 ф. и вмѣстимостію отъ 12 до 16000 куб. футовъ, представляетъ всѣ экономическія выгоды, какія могутъ быть достигнуты увеличеніемъ размѣровъ печи. Правда въ послѣднее время въ Сѣверной Англіи построены печи емкостію въ 41000 куб. футовъ, однакоже не замѣчено, чтобы онѣ отличались какими бы то ни было преимуществами. По мнѣнію Белля, максимум охлажденія доменныхъ газовъ и насыщенія ихъ кислородомъ достигается въ печахъ емкостію въ 16000 куб. футовъ; что же касается до увеличенія суточной выплавки, то она далеко не соотвѣтствовала увеличенію объема печи, какъ то видно изъ приложенныхъ цифръ.

Объемъ печи въ куб. футахъ	6000.	12000.	16000.	26000.	41000.
Еженедѣльная выплавка въ тоннахъ	220.	260.	350.	400.	550.
Еженедѣльная выплавка на 1000 кубич. футовъ емкости въ тоннахъ	37.	23.	22.	16.	13.

Въ заключеніе приведемъ еще одно наблюденіе, сдѣланное Беллемъ. Такъ какъ и въ самыхъ большихъ печахъ газами колошника уносится количество тепла, соотвѣтствующее 2—3 ц. кокса (на тонну чугуна), то для лучшаго изученія тепловыхъ явленій въ верхней части шахты (называемой у Белля поясомъ возстановленія), произведенъ былъ въ большомъ видѣ слѣдующій опытъ. Въ печь, находившуюся въ полномъ ходу, начали засыпать, вмѣсто обожженной желѣзной руды, равное по вѣсу количество шлака и кремнистой гальки—не оказывавшей на окись углерода никакого химическаго дѣйствія. Опытъ этотъ продолжался нѣсколько часовъ, и въ результатъ получилось пониженіе температуры колошниковыхъ газовъ, продолжавшееся до тѣхъ поръ, пока въ шахту не стали снова забрасывать обожженный желѣзнякъ. Такимъ образомъ, противоположно общепринятому мнѣнію, можно считать доказаннымъ, что при возстановленіи окиси желѣза, нѣкоторое количество тепла становится свободнымъ.

Доменная плавка не представляетъ собою простаго процесса плавленія, потому что, прежде превращенія веществъ въ огнежидкое состояніе, должно еще произойти возстановленіе желѣзной руды и насыщеніе возстановленнаго желѣза углеродомъ, для совершенія которыхъ необходимо присутствіе въ печи известнаго количества горючаго. Если принять отношеніе 100 ч. (по объему) окиси углерода къ 40 ч. CO_2 за крайній предѣлъ насыщенія газовъ кислородомъ и допустить, что возстановленіе руды въ большихъ печахъ дѣйствительно оканчивается при температурѣ 400—500°Ц., въ такомъ (но только въ такомъ) случаѣ нельзя ничего сказать противъ теоріи г. Белля, по крайней мѣрѣ пока рѣчь идетъ о полученіи блага чугуна. Между тѣмъ, судя по произведеннымъ гг. Рихтеромъ и Шеффелемъ—ана-

лизамъ газомъ австрійскихъ доменныхъ печей, проплавляющихъ древеснымъ углемъ легко-возстановимыя руды, въ газамъ этихъ заключается несравненно большая пропорція углекислоты; въ тоже время, основываясь на приведенныхъ наблюденіяхъ гг. Купельвизера и Шеффеля и своихъ собственныхъ—надъ австрійскими, а г. Римана—надъ шведскими древесноугольными домнами, я полагаю, что возстановленіе руды оканчивается совершенно ниже распара при несравненно высшей 500°C . температурѣ. Справедливость послѣдняго предположенія о возстановленіи руды при температурѣ $800\text{—}1000^{\circ}\text{C}$. подтверждаетъ и д-ръ Сименсъ—по крайней мѣрѣ для плотныхъ разностей желѣзныхъ рудъ, каковы, напр., магнитные желѣзняки. Наконецъ и самъ г. Белль неоднократно замѣчалъ, что всѣ свои расчеты онъ считаетъ совершенно примѣнимыми только къ рудамъ Клевеландскимъ.

По этому вопросу о пользѣ сильно нагрѣтаго дутья при доменной плазкѣ—несмотря на чрезвычайно интересныя изслѣдованія г. Белля—нельзя считать совершенно рѣшеннымъ; мы постараемся подвергнуть его подробному разбору.

Прежде всего, для подтвержденія словъ моихъ о томъ, что отношеніе между окисью углерода и углекислотою въ газамъ нашихъ (австрійскихъ) доменныхъ печей иное, чѣмъ 100 ч. СО на 40 ч. СО₂, я приведу—кромѣ анализомъ гг. Рихтера и Шеффеля, въ точности которыхъ иные сомнѣваются—еще расчетъ, сдѣланный на основаніи данныхъ г. Белля.

Судя по его даннымъ для выплавки 100 ч. бѣлаго чугуна въ австрійской древесноугольной печи, потребуется слѣдующее количество тепла:

На испареніе влаги древеснаго угля	20	ед. тепла.
» возстановленіе руды и обожженіе угля	1620	» »
» разложеніе водянаго пара воздуха	80	» »
» » кремнезема и др. примѣсей	50	» »
» расплавленіе и нагрѣвъ чугуна ¹⁾	340	» »
» » » нагрѣваніе 70 ф. шлака	308	» »
Потеря чрезъ лучиспусканіе стѣны печи и вслѣд- ствіе охлажденія фурмъ водою (по Беллю)	192	» »
Въ газамъ колошника, температура которыхъ около 300° теряется	330	» »
<hr/>		
Всего		2940 ²⁾ ед. тепла.

¹⁾ Цифры, выражающія расходъ тепла на расплавленіе чугуна и шлака вычислены по даннымъ Римана.

²⁾ Что число это не больше, а скорѣе меньше дѣйствительнаго, это можно заключить уже изъ того, что здѣсь не принято въ соображеніе поглощеніе тепла отъ уменьшенія упругости воздуха, входящаго въ печь, которое во всякомъ случаѣ больше количества тепла, развивающагося при возстановленіи руды.

Для полученія этого количества тепла сожигается, при хорошем ходѣ печи и температурѣ дутья въ 300°Ц. , обыкновенно 70 ф. древеснаго угля. Въ этихъ 70 ф. угля содержится около 63 ф. чистаго углерода. Если вычесть отсюда $4\frac{1}{2}$ ф. углерода, переходящаго въ чугуны, то собственно для горѣнія останется еще 58,5 ф. углерода.

При сгораніи въ окись углерода они дадутъ. $0,585 \times 2480 = 1451$ ед. тепла.

300 ф. воздуха, нагрѣтаго до 300°Ц. ,
 приносятъ съ собою въ печь $300 \times 300 \times 0,237 = 213$ » »
Итого 1664 ед. тепла.

Между тѣмъ въ дѣйствительности потребно всего 2,940 ед. т.
 Недостающія 1276 ед. т. должны получиться отъ сгоранія окиси углерода въ углекислоту. Считая по пропорціи 1,276: 2,400 = 0,532 окиси углерода, которыя должны сгорѣть въ углекислоту.

Выше приведенныя 0,585 углерода даютъ 1,365 CO .
 Вычитая отсюда 0,532
 получимъ 0,833 CO ,

которыя останутся неизмѣненными. Такимъ образомъ, для полученія потребныхъ 2,940 ед. т., должно получить $532 \times \frac{22}{14} = 836 \text{ CO}_2$ и 833 CO или, считая по объему, 64,0 CO_2 на 100 объемовъ CO .

Г. Шеффель нашель, при анализѣ своемъ въ 1871 году, 58,3 CO_2 на 100 объемовъ CO , между тѣмъ какъ анализы Рихтера (въ 1859 году) показали даже большее содержаніе CO_2 , противъ CO . Во всякомъ случаѣ отсюда можно заключить, что приведенное Беллемъ отношеніе 40 ч. CO_2 на 100 ч. CO , положенное въ основаніе всѣхъ его расчетовъ, не можетъ считаться всеобщимъ.

Если допустить (согласно мнѣнію Белля), что возстановленіе окисловъ желѣза руды происходитъ сполна насчетъ окиси углерода, и что все желѣзо въ рудѣ, поступающей въ плавку, находится въ видѣ окиси, то для возстановленія 95 ф. желѣза, потребуется 71 ф. окиси углерода, которыя дадутъ при этомъ 111 ф. CO_2 , между тѣмъ какъ для полученія потребнаго количества тепла достаточно получить только 83,6 ф. углекислоты. Если-бы отъ возстановленія желѣза дѣйствительно получились 111 ф. углекислоты, то при расходѣ древеснаго угля = 70 фунтамъ, останется всего лишь 65,5 ф. окиси углерода, и въ газахъ колошника должно содержаться 108 ч. CO_2 на 100 ч. CO , т. е. отношеніе, дѣйствительно найденное покойнымъ профессоромъ Рихтеромъ при его изслѣдованіяхъ газовъ доменной печи въ Вйзенерцѣ. Хотя, судя по новѣйшимъ изслѣдованіямъ, сомнительно, чтобы въ газахъ доменной печи дѣйствительно заключалось столь значительное количество углекислоты, тѣмъ не менѣе, можно положительно сказать, что въ нашихъ печахъ, при плавкѣ на бѣлый

чугунъ, отъ возстановленія желѣза получается больше углекислоты, чѣмъ сколько ея должно бы было получиться для освобожденія извѣстнаго количества единиць тепла. Отсюда мы выводимъ заключеніе, согласное съ теоріей Г. Белля, что болѣе сильное нагрѣваніе дутья въ данномъ случаѣ не поведетъ къ береженію въ горючемъ матеріалѣ.

При настоящемъ недостаткѣ точныхъ свѣдѣній относительно способа возстановленія желѣза и образованія CO_2 и CO въ домпѣ, мнѣ кажутся напрасными старанія опредѣлить предѣлъ, до котораго нагрѣваніе дутья можетъ оказывать вліяніе на уменьшеніе расхода горючаго. Тѣмъ не менѣе, судя по всѣмъ вышеприведеннымъ даннымъ, можно полагать, что, при нагрѣваніи дутья до 300°Ц. , предѣлъ этотъ не только вполнѣ достигнутъ, но можетъ быть и персиденъ. Поэтому, при плавкѣ на бѣлый чугунъ, въ нашихъ печахъ едвали можно ожидать пользы отъ устройства болѣе дорогихъ приборовъ (большихъ чугунныхъ или Витвелевскихъ) для сильнѣйшаго нагрѣванія дутья; они будутъ выгодны только въ томъ отношеніи, что дадутъ возможность лучше управлять ходомъ печи ¹⁾.

Совсѣмъ другое дѣло, когда плавка ведется на сѣрый чугунъ; это доказали намъ многочисленные опыты надъ выплавкой темносѣраго чугуна для бессемерованія.

Такъ напр. въ Нейбергѣ, гдѣ прежде дутье нагрѣвалось всего лишь до 200° , на выплавку 100 ф. бѣлаго чугуна, при содержаніи рудъ въ 44—45%, расходовалось обыкновенно 77—78 ф. древеснаго угля, тогда какъ при выплавкѣ сѣраго чугуна изъ тѣхъ же рудъ и въ той же печи, расходъ угля составлялъ 115—120 ф. Для выплавки сѣраго бессемеровскаго чугуна съ дутьемъ, нагрѣтымъ лишь до 200° , надо было увеличить расходъ угля почти на 50% противъ того, какое тратилось на выплавку бѣлаго чугуна. Въ настоящее время на этомъ заводѣ плавка чугуна для бессемерованія ведется съ дутьемъ, нагрѣтымъ до 500°Ц. и расходъ горючаго (въ той же печи и при тѣхъ же рудахъ) составляетъ 95—100 ф., т. е. по крайней мѣрѣ на 25% менѣе, чѣмъ прежде, при дутьѣ слабѣе нагрѣтомъ.

На заводахъ Каринтіи, въ Лоллингѣ, Трейбахѣ и Гейтѣ, гдѣ давно уже ведется плавка съ дутьемъ, нагрѣтымъ до $160—200^\circ \text{Ц.}$ и на 100 ч. бѣлаго чугуна, расходуется (при рудахъ, сод. 50—54% желѣза) всего 63—70 ч. угля, тамъ повышеніе температуры дутья повидимому не принесло замѣтной экономіи въ горючемъ, между тѣмъ, судя по единодушнымъ жалобамъ потребителей, съ тѣхъ поръ, какъ воздухъ стали нагрѣвать до 500°Ц. , ка-

¹⁾ Я долженъ сознаться въ томъ, что слишкомъ много придавалъ значенія нѣкоторымъ даннымъ о вліяніи горячаго дутья, незаслуживавшимъ такого довѣрія. Неточность этихъ данныхъ я объясняю себѣ переѣчивостью вѣса, одного и того же объема древеснаго угля, и потому совѣтую техникамъ, во избѣжаніе невѣрныхъ заключеній, выѣшивать по временамъ по нѣсколькимъ угольнымъ колоннѣмъ.

чество чугуна стало значительно хуже, а самый ходъ печи неправильнѣе. Напротивъ того, при выплавкѣ сѣраго чугуна для бессемерованія, расходъ горючаго, составлявшій прежде въ Гефтѣ 100 ф. на 100 ф. чугуна (при дутѣ въ 200° Ц.) нынѣ, со введеніемъ дутья, нагрѣтаго до $300-400^{\circ}$, понизился до $85-90$ ф., хотя чугунъ и получался превосходнаго качества.

Ясно, что на заводѣ Трейбахъ, вмѣстѣ съ повышеніемъ температуры дутья, значительно увеличили и сыпь руды въ колошу (дабы избѣжать образованія сѣраго чугуна), и слѣдовательно возстановленіе руды стало происходить уже не столь совершенно, а потому въ нижнемъ горну домы получался такъ называемый кипѣлый шлакъ. По причинѣ кипѣнія въ горну получался чугунъ, часто смѣшанный со шлакомъ и пористый, но въ то же время нѣсколько сѣрый, — благодаря высокой температурѣ, господствовавшей около фурмъ. Напротивъ того, при полученіи сѣраго чугуна въ Гефтѣ и Нейбергѣ, гдѣ расходъ угля, не смотря на высокую температуру дутья, все таки составляетъ отъ 85 до 100 ф., тамъ потребное для возстановленія желѣза количество окиси углерода всегда имѣется въ избыткѣ ¹⁾.

Это различіе во вліянніи сильно нагрѣтаго дутья, при выплавкѣ бѣлаго и сѣраго чугуна, которое г. Белль совсѣмъ не разсматриваетъ, особенно замѣтно при нашихъ легкоплавкихъ, болѣе или менѣе марганцовистыхъ рудахъ; въ самомъ дѣлѣ, именно при плавкѣ подобныхъ рудъ, наблюдается наибольшая разница въ количествѣ угля, расходуемаго при полученіи того или другаго сорта чугуна, и во всякомъ случаѣ расходъ горючаго при самыхъ благопріятныхъ условіяхъ будетъ на столько великъ, что недостатка въ окиси углерода замѣтно не будетъ.

Основываясь на вышеприведенныхъ фактахъ, мы можемъ пока принять, что отношеніе 60 ч. по объему углекислоты къ 100 ч. окиси углерода будетъ составлять крайній предѣлъ, до котораго можетъ доходить содержаніе CO_2 въ газахъ нашихъ доменныхъ печей, проплавляющихъ древеснымъ углемъ руды, легко возстановляющіяся. Въ тѣхъ же случаяхъ, гдѣ, при полученіи бѣлаго чугуна, съ дутьемъ, нагрѣтымъ до $200-300^{\circ}$ Ц., содержаніе углекислоты въ газахъ, по какой бы то нибыло причинѣ, не будетъ достигать вышеозначенной пропорціи, тамъ, конечно, можно ожидать сбереженія въ горючемъ отъ повышенія температуры дутья, и притомъ безъ пониженія достоинства продукта. Ухудшеніе чугуна въ этомъ случаѣ можетъ происходить развѣ въ

¹⁾ Изъ всего вышесказаннаго отнюдь не слѣдуетъ дѣлать заключенія, чтобы мы были противъ устройства большихъ воздухонагрѣвательныхъ приборовъ (чугунныхъ или кирпичныхъ) при печахъ, выплавляющихъ бѣлый чугунъ, уже потому, что такіе аппараты не только даютъ намъ средство лучше управлять ходомъ печи, но и представляются несравненно болѣе долговѣчными. Наконецъ, благодаря чистотѣ нашихъ рудъ, въ ближайшемъ будущемъ выплавка чугуна для бессемерованія, должна сдѣлаться главнѣйшею задачею нашихъ заводовъ, тогда какъ распространенная нынѣ повсюду выплавка бѣлаго чугуна, въ свою очередь, сдѣлается явленіемъ исключительнымъ.

слѣдствіе сыраго хода печи, а отходъ не по причинѣ усиленнаго возстановленія кремнія, которое можно устранить при помощи извѣстныхъ средствъ.

Выгодность употребленія сильно нагрѣтаго дутья, при выплавкѣ бессемеровскаго чугуна, по моему мнѣнію, объясняется не только болѣе значительнымъ расходомъ древеснаго угля (причемъ конечно образуется окись углерода въ избыткѣ), но главнѣйше тѣмъ, что при сильномъ нагрѣваніи воздуха, въ нижнихъ частяхъ печи всегда господствуетъ болѣе высокая, а въ верхнихъ частяхъ болѣе низкая температура, нежели при плавкѣ съ холоднымъ или слабо нагрѣтымъ дутьемъ. Можно считать за положительный фактъ, что при употребленіи нагрѣтаго воздуха (несмѣшаннаго конечно съ продувками горѣнія изъ воздухонагрѣвательнаго прибора), въ нижней части печи должна господствовать температура болѣе высокая, нежели при употребленіи холоднаго дутья, уже потому, что одинаковое количество тепла передается въ первомъ случаѣ несравненно меньшему количеству газовъ; равнымъ образомъ температура верхнихъ частей печи въ этомъ случаѣ должна быть ниже,—такъ какъ, благодаря большей величинѣ рудной сыпи и меньшему количеству газовъ, передача теплоты твердымъ веществамъ совершается несравненно быстрѣе, нежели при плавкѣ съ холоднымъ дутьемъ. Справедливость этого подтверждается явленіемъ, очень часто наблюдаемымъ при употребленіи нагрѣтаго дутья—именно болѣе сильнымъ разгораніемъ стѣнокъ нижней части печи нежели при плавкѣ съ холоднымъ дутьемъ. Извѣстно однакоже, что при выплавкѣ сыраго чугуна, такое концентрированіе жара въ нижнихъ частяхъ печи составляетъ необходимое условіе, которое, при плавкѣ съ холоднымъ или слабо-нагрѣтымъ дутьемъ, достигается лишь при помощи значительнаго увеличенія расхода угля.

ОБРАЗОВАНИЕ ГАЗОВЫХЪ ПУСТОТЪ ВЪ ВОЛВАНКАХЪ ЛИТОЙ СТАЛИ СИМЕНСЪ-МАРТЭНА.

А. Лундышева.

Самыя драгоцѣнныя качества стали заключаются въ громадномъ сопротивленіи, представляемомъ ею, разрыву, излому и раздавливанію. Имъ она обязана тѣмъ предпочтеніемъ, которое оказывается ей передъ желѣзомъ, для изготовленія желѣзнодорожныхъ принадлежностей (шинъ, осей, рельсовъ).

Но одинъ изъ важныхъ недостатковъ ея состоитъ въ томъ, что никогда нельзя быть увѣреннымъ, что дѣйствительная прочность издѣлія будетъ соответствовать прочности полученной испытаніемъ образца, взятаго отъ того же куска стали; это значитъ, что сталь, при извѣстныхъ размѣрахъ издѣлія, не обладаетъ полной однородностью въ группированіи частицъ и въ химическомъ составѣ.

Вслѣдствіе этого размѣры частей стальной штуки, назначенной выдерживать опредѣленное сопротивленіе, приходится значительно увеличивать противъ размѣровъ, полученныхъ вычисленіемъ, что влечетъ за собой громоздкость издѣлія и возвышеніе цѣны его.

Неоднородность эта происходитъ отъ многихъ причинъ, въ приготовленіи и обработкѣ стали, болѣе или менѣе удачно устраняемыхъ разными заводами, но, сколько мнѣ извѣстно, никто еще не рѣшилъ вполне удовлетворительно этого вопроса.

Въ мягкихъ сортахъ стали, т. е. именно въ тѣхъ, которые требуются большими штуками для желѣзныхъ дорогъ, одну изъ главныхъ причинъ неоднородности составляютъ газовыя пустоты, образующіяся во время отливки. Нѣкоторыя изъ этихъ пустотъ, размѣры которыхъ достигаютъ 0,03 метра, не могутъ быть уничтожены никакой механической обработкой, въ чемъ я убѣдился наблюденіемъ многочисленныхъ пробныхъ изломовъ (нѣсколько сотъ), которыми подвергаются концы желѣзныхъ рельсовъ съ наварной стальной головкой. Сорта стали, подвергавшейся опыту, были: бессемеровская сталь завода Сандвикенъ, содержащая отъ 0,25% до 0,35% углерода; мартеновская сталь Обуховскаго завода, еще съ меньшимъ содержаніемъ углерода; мартеновская же сталь, приготовленная на заводѣ Главнаго Общества Россійскихъ желѣзныхъ дорогъ изъ Саткинскаго чугуна и Сибирскаго желѣза, содержащая не больше 0,25% С., и наконецъ Бельгійская сталь завода Кокериль, проданная намъ за Бессемеровскую, въ чемъ я впрочемъ сомнѣваюсь, такъ какъ болванки имѣли несомнѣнные признаки, что онѣ сварены изъ небольшихъ полосъ.

Всѣ болванки были предварительно прокованы, потомъ прокатаны въ покрышки для рельсовыхъ пакетовъ, сложенныхъ изъ старыхъ желѣзныхъ матеріаловъ и, при двухъ сварочныхъ подогрѣвахъ, прокатаны въ рельсы.

Приварка къ желѣзу, за весьма немногими исключеніями, была совершенная, а слѣдовательно температура и давленіе, которымъ они подвергались, были совершенно достаточны для сварки газовыхъ пустотъ, если-бы это было возможно; но, къ сожалѣнію, почти въ каждомъ концѣ рельса, въ изломѣ, имѣвшемъ мелкозернистое сложеніе, т. е. въ стальной головкѣ, встрѣчались матовыя пятна, состоящія изъ самыхъ мелкихъ иголъ, напоминающихъ поверхность газовыхъ пустотъ. Эти пятна представляли впадины, которымъ соответствовалъ выступъ на другой половинѣ отломаннаго конца. Изъ этого можно заключить, что какъ бы ни были высоки температура и давленіе, которымъ подвергается болванка литой стали, стѣнки внутреннихъ пустотъ ея, хотя и сблизятся, но не будутъ сварены. Впрочемъ, этого можно было ожидать, если вспомнить, что газъ, заполняющій пусоту, не имѣетъ выхода, а слѣдовательно, какъ бы онъ ни былъ сдавленъ, все-таки же будетъ занимать опредѣленный объемъ, препятствующій полному соединенію металла.

На это могутъ возразить, что сталь, особенно при высокой температурѣ, не представляетъ непроницаемой для газа оболочки; но это было бы справедливо только въ такомъ случаѣ, если бы газъ не обладалъ упругостью, или если давленіе, производимое молотомъ или валками, продолжалось довольно долгое время, для того, чтобы весь газъ, наполняющій пустое пространство, могъ раствориться въ металлѣ. Изъ опытовъ «*Hautefeuille'a* и «*Troost'a*», напечатанныхъ въ «*Comptes rendus, 1873, tome XXVI, № № 8 et 9, p. 482 et 562*» и въ «Горномъ Журналѣ, 1873 г., Т. II стр. 109,» видно, что растворимость газовъ въ стали и чугуна требуетъ довольно продолжительнаго времени. Къ этому же заключенію мы прійдемъ, вспоминая о тѣхъ вздутостяхъ, нерѣдко появляющихся на стальныхъ и желѣзныхъ листахъ и проч. предметахъ, подвергавшихся прокаткѣ. Тутъ мы ясно видимъ, что если часть воздуха осталась не вытѣсненной изъ пакета вмѣстѣ со шлаками, при обжимѣ пакета, и вокругъ него успѣла произойти сварка желѣза, то, при слѣдующихъ прокаткахъ, хотя бы и при температурѣ сварочнаго нагрѣва, сварки не произойдетъ. Воздухъ, уступая давленію валковъ, сжимается до такой степени, что упругость его будетъ достаточна для вспученія металла, послѣ выхода послѣдняго изъ валковъ.

Указавъ такимъ образомъ на вредъ, наносимый издѣліямъ изъ литой мягкой стали газовыми пустотами, постараюсь объяснить образованіе этихъ пустотъ, по крайней мѣрѣ въ стали Мартэна, и указать на средства, могущія уменьшить ихъ, а можетъ быть и совсѣмъ уничтожить.

Наблюденія мои производились надъ болванками квадратнаго сѣченія изъ стали Мартэна, слѣдующихъ размѣровъ: высота=отъ 0,9 до 1 метра, сторона квадрата=0,205 метра, вѣсъ=около 300 килогр.; толщина стѣнокъ чугунныхъ изложницъ, въ которыя происходила отливка, была 0,07 метра.

Въ поперечныхъ изломахъ, произведенныхъ надъ значительнымъ числомъ болванокъ, я нашелъ, что газовыя пустоты располагаются довольно правильными рядами, при чемъ форма пузыря каждаго ряда, имѣетъ свою отличительную *характеристику*, а температура изложницъ, передъ отливкой, сильно вліяетъ на разстояніе пузырей отъ стѣнокъ изложницы.

Прилагаемый чертежъ листъ 3, фиг. 1, 2 и 3, представляетъ снимокъ съ поперечнаго излома болванокъ одной и той же стали, отлитой въ изложницы, подогрѣтыя до различной температуры.

Прежде, чѣмъ продолжать, я долженъ оговориться, что дальнѣйшія наблюденія мои дѣлались исключительно надъ сталью Мартэна, и только относительно ея могутъ считаться вѣрными, какъ это видно будетъ изъ моихъ замѣчаній о выдѣленіи газовъ при остываніи стали.

Фигура 1 показываетъ поперечный изломъ болванки мягкой стали, или вѣрнѣе—сталеваго желѣза (около 0,18% С), отлитой въ холодную изложницу.

Въ этомъ изломѣ видно, что газовыя пустоты расположились двумя довольно правильными рядами. Рядъ *a*, ближайшій къ наружи, состоитъ изъ газовыхъ пустотъ (которыя я, для краткости, буду называть *пузырями*), продолго-

вагой и, по большей части, весьма правильной формы (фиг. 6, *a*). Только одинъ изъ пузырей имѣетъ соединеніе съ наружной поверхностью болванки, и стѣнки его покрыты окалинной (на чертежѣ онъ совсѣмъ затушованъ); тогда какъ всѣ остальные, не исключая и пяти пузырей, покрытыхъ побѣжалостью (на чертежѣ они затушованы штрихами), отдѣлены отъ наружной поверхности тонкимъ слоемъ металла.

Одна изъ сторонъ этой болванки почти свободна отъ пузырей. Этой стороной она была обращена къ литейному ковцу, который подогрѣвался коксомъ, горѣвшимъ въ жаровнѣ, неподалеку отъ изложницы, такъ что и температура этой стѣнки изложницы была значительно выше остальныхъ частей ея.

Второй рядъ пузырей (*b*) расположенъ на разстояніи около 0,06 метра отъ края болванки. Форма пузырей весьма неправильна и только нѣкоторые изъ нихъ, въ разрѣзѣ по длинѣ болванки, имѣютъ видъ, изображенный на фиг. 6, *b*; приподнятый конецъ ихъ обращенъ къ изложницѣ, а опущенный — къ центру болванки. Въ этомъ ряду также есть одинъ пузырь, покрытый побѣжалостью.

Вотъ этотъ именно внутренній рядъ пузырей *b*, представляетъ ту несварку, о которой я упоминалъ; тогда какъ пузыри *a*, послѣ хорошей проковки, даютъ или рванины, или, въ большей части случаевъ, свариваются, не оставляя по себѣ слѣда.

Это объясняется тѣмъ, что во времяковки, а можетъ быть и во время нагрѣва, тонкій слой стали, отдѣляющій ихъ отъ поверхности, разрывается. Такимъ образомъ, газы, заключенные въ пузырьѣ, получаютъ возможность освободиться и не препятствуютъ сварѣ.

Подогрѣвая изложницы около 100°Ц., получается болванка съ однимъ рядомъ пузырей *b* (фиг. 2). Характеръ и расположеніе этихъ пузырей совершенно подобны пузырямъ *b*, предыдущей болванки, за исключеніемъ того, что они подвинуты ближе къ наружѣ и отстоятъ отъ края всего на 0,05 метра. Кромѣ того, въ серединѣ этой болванки замѣтно матовое игольчатое строеніе, указывающее на усадочную раковину. Наружный же рядъ пузырей — совершенно исчезъ.

Затѣмъ, при еще болѣе сильномъ подогрѣвѣ изложницъ (отъ 200° до 220°Ц.), остается тотъ же рядъ *b* пузырей (фиг. 3), и передвигается еще ближе къ наружи, такъ что отстоитъ отъ края всего около 0,04 метра. Въ серединѣ этой болванки видна усадочная раковина, состоящая изъ трещины, усыпанной иглами. Наружныхъ пузырей — нѣтъ.

Подогрѣвая изложницы выше 300°Ц. (сильное кипѣніе масла при поливаніи имъ изложницы), я получалъ рядъ пузырей на разстояніи около 0,035 метра; выше этой температуры я не пробовалъ нагрѣвать изложницы, да и едва ли это удобно.

Замѣчая температуру изложницъ передъ отливкой, я зналъ заранѣе, весьма приблизительно, разстояніе пузырей *b*, въ отливаемыхъ болванкахъ, а также будетъ ли существовать въ нихъ рядъ пузырей *a*. Изъ 19 сломанныхъ

болванокъ, взятыхъ изъ 11 различныхъ плавокъ, только 2 не оправдали моего ожиданія. Въ обѣихъ этихъ болванкахъ я думалъ найти рядъ чаружныхъ пузырей *a*, такъ какъ подогревъ изложницъ былъ недостаточенъ; вмѣсто же того изломъ одной изъ нихъ былъ совершенно подобенъ излому, показанному на фиг. 2, тогда какъ изломъ другой болванки имѣлъ видъ, срисованный на фиг. 4. Форма, какъ наружныхъ, такъ и внутреннихъ пузырей этой послѣдней болванки была совершенно отлична отъ того, что я получалъ во всѣхъ прочихъ болванкахъ и, кромѣ того, она имѣла поперечныя трещины, покрытыя окалиной (на чертежѣ онѣ показаны штрихами). Эта ошибка въ ожиданіи, какъ оно впоследствии и подтвердилось опытомъ, произошла отъ двухъ причинъ: въ первой болванкѣ—оттого, что изложницы были обмазаны графитомъ, мѣшавшимъ соприкосновенію жидкой стали съ изложницей; а во второй—вслѣдствіе чрезвычайно высокой температуры стали во время отливки. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ она ближе подходила къ условіямъ, въ которыхъ находится сталь Бессемера, чѣмъ это вообще бываетъ со сталью Мартэна; а потому я считаю эту болванку исключеніемъ.

Стараясь выяснитъ процессъ образованія пузырей, я произвелъ рядъ опытовъ надъ расплавленнымъ стеариномъ и сахаромъ, поставленными въ тѣ-же условія отливки и остыванія, какъ и сталь, копейно, соображаясь съ температурой плавленія каждаго изъ нихъ и размѣрами отливки.

Цѣль этихъ опытовъ заключалась въ наблюденіи движенія жидкости и увлекаемаго ею воздуха въ изложницѣ.

Окрашенный въ различные цвѣта стеаринъ, при температурѣ 50° Ц., отливался вертикальной струей въ изложницу изъ красной мѣди, охлаждаемую смѣсью снѣга съ солью. Затѣмъ, полученная болванка разрѣзалась вдоль и поперегъ. Продольный разрѣзъ показывалъ весьма ясно движеніе окрашенной жидкости; увлеченнаго-же воздуха—почти не было. Это я приписываю весьма медленному остыванію стеарина, несмотря на охлаждающую смѣсь, что дало возможность выдѣлиться увлеченному воздуху. Расплавленный-же сахаръ отливался въ стеклянныя изложницы, и его прозрачность, даже послѣ затвердѣнія, позволяла не прерывать наблюденій въ продолженіи всей отливки.

Предположивъ, что оба ряда пузырей *a* и *b* фиг. 1-я, происходятъ отъ газовъ, увлеченныхъ сталью *единственно во время отливки*, что я надѣюсь доказать ниже, и соображаясь съ формой наружнаго ряда пузырей, я пришелъ къ слѣдующему заключенію:

Вертикальная струя жидкаго металла, падая съ значительной высоты (расстояніе отъ верхняго конца болванки до дна ковша около 0,6 метра, см. фиг. 7-ю), подъ давленіемъ жидкости, находящейся въ ковшѣ, пробиваетъ всю высоту стали, уже палитой въ изложницу, и увлекаетъ за собой слой соприкасающагося металла. Затѣмъ, разбившись о дно изложницы, пачинается восходящее движеніе ея возлѣ стѣнокъ изложницы.

Доказательствомъ тому, что вертикальная струя дѣйствительно пробиваетъ

всю высоту болванки, даже въ томъ случаѣ, когда металлъ немного холоденъ и началъ терять удобоподвижность частицъ, можетъ служить одна изъ болванокъ, отлитая мной на Обуховскомъ заводѣ, въ которой, послѣ вытягиванія ея подъ молотомъ, обнаружился центральный стержень, діаметромъ около 0,05 мет., идущій по всей оси болванки. Этотъ стержень не приварился къ окружающей его массѣ металла, вѣроятно вслѣдствіи того, что струя стали, падающая съ значительной скоростью, увлекла съ собой наружный воздухъ, который составилъ ей какъ-бы тонкую оболочку, помѣшавшую соединенію ея съ окружающей полужидкой сталью. Объяснить причину, почему увлеченный воздухъ, по прекращеніи отливки, остался въ болванкѣ въ видѣ оболочки стержня, не разбившись на шарики или не выдѣлившись наружу, будетъ не трудно, если я скажу, что въ этомъ случаѣ изложница имѣла форму, показанную на чертежѣ 8-мъ. Движеніе въ начинавшей стыпуть стали должно было прекратиться почти тотчасъ послѣ прекращенія доливки, но такъ какъ оно произошло все же не моментально, то верхняя часть стержня, съ окружающимъ ее газомъ, должна была нѣсколько понизиться и уступить свое мѣсто двумъ встрѣчнымъ теченіямъ (какъ это показано на чертежѣ), замкнувшимъ выходъ газамъ. Вслѣдъ за тѣмъ была наложена тонкая желѣзная крышка и засыпана холоднымъ пескомъ, что весьма быстро понизило температуру стали, вступившей въ горлышко.

Когда сломали болванку, то стержень оказался совершенно необисленнымъ, что произошло конечно вслѣдствіе реакціи кислорода воздуха на углеродъ стали. Къ сожалѣнію, мнѣ не удалось сдѣлать химическій анализъ центрового стержня, который, при сравненіи съ другими частями болванки, могъ бы дать весьма интересныя указанія.

Такимъ образомъ, принявъ за доказанное, что нисходящая струя стали увлекаетъ съ собой воздушную оболочку, ¹⁾ и слѣдя дальше за движеніемъ ея, я нашелъ, что, разбиваясь о дно изложницы или намерзшаго слоя металла, газы (азотъ и кислородъ воздуха, частью уже успѣвшій соединиться съ углеродомъ) поднимаются въ видѣ пузырьковъ, вмѣстѣ со сталью, по стѣнкамъ изложницы, опять на поверхность болванки. Это движеніе видно на фиг. 7-й. Сталь, приходящая въ соприкосновеніе съ холодной изложницей, почти мгновенно застываетъ, образуя корку *a* (фиг. 7), извѣстной толщины, составляющую какъ-бы вторую изложницу, температура которой такъ близка къ точкѣ плавленія стали, что допускаетъ свободное движеніе частицъ жидкой массы *b'*. Понятно, что чѣмъ холоднѣе чугунная изложница, — тѣмъ толще будетъ нарастающій на нее слой стали, и напротивъ того, чѣмъ сильнѣе была подогрѣта изложница, — тѣмъ тоньше намерзающій слой. При обмазкѣ изложницы дурнымъ проводникомъ тепла, толщина намерзающаго слоя также уменьшается.

¹⁾ Наблюденія надъ струей сахара или даже воды, пробивающей массу жидкаго вещества, не оставляютъ сомнѣнія въ этомъ.

Чтобы избѣжать составленія двухъ отдѣльныхъ чертежей, я раздѣлилъ фиг. 7-ю на двѣ части: одна половина ея показываешь отливку въ холодную изложницу, а другая—въ горячую.

На этомъ чертежѣ показана изложница, залитая почти до верху; но вся часть стали отъ DD до EE можетъ быть выкинута, и сущность процесса останется та же; я хочу этимъ сказать, что часть DD, FF не представляетъ собой верхнюю часть остывшей болванки, но только верхнюю массу стали, поднявшейся выше линіи EE въ любой моментъ отливки. Въ этой части DD, FF, вилчисту которой я не могу опредѣлить, и должно происходить образованіе наружнаго ряда пузырей; тогда какъ въ остальной части, находящейся ниже линіи DD, формированіе ихъ должно уже быть окончено; а потому я ограничусь разсмотрѣніемъ части DD, FF.

Сначала возьму отливку въ подогрѣтую изложницу К. Жидкій металлъ, въ которомъ запутался воздушный пузырекъ *e*, поднимаясь возлѣ замерзшей стали *a*, достигаетъ ея поверхности и частью направляется опять къ центральной струѣ *CC*, а частью переливается черезъ край замерзшей стали и упирается въ изложницу. При этомъ происходитъ мгновенное остываніе тонкаго слоя стали (отъ 0,002 до 0,005 м.), коснувшейся, сравнительно, холоднаго чугуна; этотъ моментъ изображенъ буквою *f*.—Предшествовавшая струя съ пузырькомъ, представлена подѣ буквою *g*; здѣсь остываніе стали, распространяющееся весьма быстро по направленію отъ изложницы къ центру, охватило часть пузырька, вслѣдствіе чего форма его, изъ сферической, измѣнилась, какъ это изображено, въ большемъ масштабѣ, на фиг. 9-й, гдѣ застывшая часть стали заштрихована. Выдѣлиться въ воздухъ шарикъ, достигшій точки *f*, не всегда успѣваетъ, вслѣдствіе непрерывнаго нарастанія надъ нимъ слоя стали въ продолженіи отливки. Пузырекъ *h* представленъ въ то время, когда давленіе остывающаго металла, значительно вытянуло его; а такъ какъ затвердѣніе стали, по мѣрѣ удаленія отъ изложницы, все замедляется, и, достигнувъ известной толщины, совсѣмъ прекращается, то газъ, заключенный въ вытянутомъ пузырькѣ, получаетъ выходъ въ жидкую струю *e*, которой и уносится; затѣмъ, стѣнки пузыря, находяціяся еще въ гѣстообразномъ состояніи, сближаются, свариваются и, такимъ образомъ, не остается и слѣда пузыря.

Если отливаемый металлъ слишкомъ горячъ, какъ это бываетъ при бессемерованіи, а отливка производится въ холодныя изложницы, то слой *a* замерзшаго металла долженъ быть тоньше, чѣмъ тотъ, который получается въ холодныхъ-же изложницахъ при отливкѣ стали Мартэна, имѣющей гораздо низшую температуру. Но если мы будемъ отливать сталь Мартэна въ изложницы, подогрѣтыя до такой температуры, что толщина намерзающаго слоя будетъ равна толщинѣ слоя, получаемаго изъ бессемеровою стали, отлитой въ холодныя изложницы, то температура сего послѣдняго должна быть ниже, чѣмъ въ стали Мартэна, потому что температура застывшаго металла въ части, касаю-

цейся жидкаго металла, въ обоихъ случаяхъ одинакова, т. е. равна температурѣ плавленія стали, тогда кокъ противоположная сторона настыли будетъ холоднѣе въ томъ случаѣ, въ которомъ изложница холоднѣе. Конечно это справедливо для весьма короткаго промежутка времени (пока изложница не нагрѣется на извѣстную толщину). Но этого короткаго времени вполне достаточно для образованія пузыря такой формы, которая рѣдко встрѣчается въ болванкахъ Мартэна. Въ процессѣ Бессемера, пузырь *h'* фиг. 9-я окруженъ металломъ, еще быстрѣ застывающимъ, чѣмъ въ процессѣ Мартэна, (при образованіи въ обоихъ случаяхъ настыли, одинаковой толщины), такъ что когда пузырь вытянется на столько, что достигнетъ струи *e*, то и окружающая его сталь успѣетъ на столько затвердѣть, что хотя газы и получаютъ свободный выходъ, но сближеніе стѣнокъ не произойдетъ. А такъ какъ газъ, заключенный въ пузырь, имѣетъ весьма высокую температуру, слѣдовательно весьма разряженъ, то, при остываніи, самая горячая часть пузыря, обращенная къ серединѣ болванки, вдавливается въ него; вмѣстѣ съ тѣмъ, маленькое матовое возвышеніе *i* указываетъ на то, что газы, оставшіеся растворенными въ стали (о выдѣленіи газовъ изъ чугуна и стали см. *Comptes rendus*. 1873, page 482 et 562) просачиваются въ разрѣженную полость пузыря.

Затѣмъ, переходя къ разсмотрѣнію отливки стали Мартэна въ холодныя изложницы *M*, фиг. 7 я нахожу, что первые фазисы пузырьковъ *f'* и *g'* остаются тѣ-же, какъ и въ нагрѣтыхъ изложницахъ, но такъ какъ теперь охлажденіе идетъ быстрѣе и загустѣвшій металлъ охватываетъ весь пузырекъ, то газы должны достигнуть извѣстной упругости, чтобы преодолѣть сопротивленіе стали въ томъ мѣстѣ, гдѣ она представляетъ наименьшее сопротивленіе. А такъ какъ охлажденіе идетъ отъ изложницы, то противоположная стѣнка пузырька должна быть самая горячая, а слѣдовательно извѣстной величины сегментъ *mm* (фиг. 9) уступить давленію газовъ, которые, найдя себѣ выходъ въ болѣе горячую сталь, увеличиваются въ объемѣ, и пузырекъ *g'* вытягивается по направленію наименьшаго сопротивленія, т. е. къ центру болванки, до тѣхъ поръ, пока упругость газа не будетъ уравновѣшена сопротивленіемъ остывающей стали. Такимъ образомъ является пузырь формы *a'* (фиг. 6 и 7).

Описанная мною форма наружныхъ пузырей представляетъ только огромное большинство ихъ, но конечно между ними попадаются пузыри весьма неправильной формы, а также иногда и пузыри *h'*, фиг. 9.

Такимъ образомъ, выведенная мною теорія образованія пузырей *a*, лежащихъ возлѣ окружности, показываетъ, что для уничтоженія ихъ необходимо подогрѣвать изложницы передъ отливкой, или же изолировать ихъ отъ стали помощью дурнаго проводника тепла, и этимъ уменьшить толщину настыли. Какъ то, такъ и другое средства, вполне подтвердились на опытѣ, какъ я выше уже объяснилъ это, а слѣдовательно, если опытъ подтверждаетъ теорію, то нѣтъ основанія сомнѣваться въ ея вѣрности.

Весьма неправильная форма внутренняго ряда пузырей *b*, изъ коихъ только

нѣкоторые имѣютъ форму, показанную на фиг. 6 *b*, не дозволяетъ сдѣлать объ ихъ образованіи какого либо вывода, основаннаго на ихъ формѣ; но зато перемѣщеніе ихъ, ближе къ округлости, съ повышепіемъ температуры подогрѣва изложницъ, и изученіе движенія расплавленнаго металла въ изложницѣ, даютъ возможность сдѣлать выводъ, не лишенный вѣроятія.

По моему мнѣнію, эти пузыри должны находиться на *линии покоя* (*bb* фиг. 7) металла, совершающаго въ изложницѣ два противоположныя движенія: вверхъ и внизъ. Эта линия покоя, вслѣдствіе нѣкоторой густоты металла, обладаетъ извѣстной толщиной (около 0,02 м.). Такимъ образомъ является полоса стали, параллельная стѣнкамъ изложницы, меньше подвергавшаяся окислительному дѣйствию увлекаемаго воздуха, чѣмъ остальная сталь, участвующая въ движеніи.

Пузыри, запутавшіеся въ этой полосѣ покоя, не смотря на огромную разницу въ удѣльномъ вѣсѣ газа и стали, повинуюсь двумъ противоположнымъ движеніямъ (какъ это видно по формѣ нѣкоторыхъ изъ нихъ, фиг. 6, *b*) должны оставаться почти на одномъ мѣстѣ, а если они во время отливки и поднимаются кверху, то движеніе это весьма медленно. Съ прекращеніемъ отливки прекращается и увлеченіе воздуха струей стали; но движеніе металла, а вмѣстѣ съ нимъ и увлеченнаго воздуха, останавливается только тогда, когда сталь начнетъ густѣть; такъ что двигающаяся часть ея успѣетъ сдѣлать еще одинъ или нѣсколько (смотря по температурѣ) круговоротовъ, дозволяющихъ ей донести до поверхности болванки пузырьки увлеченнаго газа и выдѣлить ихъ тамъ. Этимъ объясняется то, что пространства *ed* и *ce*, фиг. 18, свободны отъ пузырей.

Что же касается до полосы покоя *dc*, фиг. 18, то пузыри, заключенные въ ней и оставшіеся въ покоѣ сначала вслѣдствіе двухъ противоположныхъ движеній, не могутъ выдѣлиться и по прекращеніи этихъ движеній, такъ какъ загустѣвшая сталь представляетъ тому значительное сопротивленіе.

Я сдѣлалъ нѣсколько анализовъ на углеродъ сплошной массы болванки и пузыристой ея части; но цифры, полученныя мной, были столь велики для пространства, занятаго пузырями, относительно сплошной массы стали, что я не рѣшаюсь привести ихъ здѣсь. Дѣлая анализы домашними средствами, по способу Эгертса, надъ образчиками, содержащими отъ 0,15 до 0,25% углерода, очень легко можно было впасть въ ошибку при опредѣленіи абсолютнаго количества углерода; но такъ какъ я подвергалъ образчики, взятые съ плотной массы и съ пузыристой части, одной и той-же обработкѣ, при одинакихъ условіяхъ, повторялъ опыты нѣсколько разъ и постоянно получалъ большее содержаніе углерода въ пузыристой части, чѣмъ въ сплошной, то трудно предположить, чтобы всѣ ошибки произошли въ одну сторону; а потому я нахожу возможнымъ сказать, что *часть болванки, занятая пузырями а и b, заключаетъ больше углерода, чѣмъ плотная ея часть.*

Этотъ фактъ можетъ служить подтвержденіемъ высказанной мною теоріи

образованія пузырей; потому что выгораніе углерода должно быть больше въ тѣхъ частяхъ болванки, которыя, находясь въ движеніи, приходятъ нѣсколько разъ въ соприкасаніе съ воздухомъ, увлекаемымъ вертикальной струей. Конечно, это можетъ быть вѣрно только для поперечнаго излома, отстоящаго на значительное разстояніе отъ верха болванки, потому что частицы, входящія въ составъ линіи покоя доставляются сталью, находящейся въ движеніи, а слѣдовательно, чѣмъ позже они останутся на линіи покоя, тѣмъ меньше будетъ разница въ содержаніи углерода между ними и двигающейся массой.

Не имѣя лабораторіи, я не могу провѣрить *точнымъ* анализомъ сдѣланное мною *замѣчаніе* о распредѣленіи углерода въ болванкѣ; но, несмотря на всю неполноту его, считаю возможнымъ обратить на него вниманіе людей, располагающихъ большими средствами для изысканій, чѣмъ я.

Изложенная мною теорія образованія внутренняго ряда пузырей даетъ возможность вычислить толщину слоя настыли, образующагося при различной температурѣ предварительнаго подогрѣва изложницъ; потому что, имѣя разстояніе линіи покоя *b*, фиг. 18, отъ края болванка, и ширину *cd* (около 20 м. метръ) полосы металла, не участвующаго въ движеніи, получимъ площадь сѣченія нисходящей струи *cc*; а такъ какъ объемъ и высота восходящей струи должны быть равны объему и высотѣ нисходящей струи, то и площади сѣченія ихъ равны между собой.

Изъ этихъ данныхъ получится вся площадь сеченія *eeee*, занимаемая жидкой сталью во время отливки.

Если вычестъ эту величину изъ площади поперечнаго сѣченія всей болванки, то получится площадь, занимаемая затвердѣвшимъ металломъ, а слѣдовательно и толщина настыли.

Такимъ образомъ составлена слѣдующая таблица:

Первоначальная температура изложницъ.	Сторона квадрата <i>cc</i> , занимаемаго нисходящей струей	Ширина, <i>de</i> , восходящей струи.	Толщина настыли.
10°	65 мил. метр.	10 м. м.	40 м. м.
100°	85 » »	13 » »	27 » »
200°	105 » »	17 » »	13 » »
300°	115 » »	18 » »	7 ¹ / ₂ » »

При взглядѣ на эту таблицу, дѣлается понятнымъ, почему пузыри наружнаго ряда *a*, задерживаются въ болванкахъ, отлитыхъ въ холодныя изложницы и освобождаются при отливкѣ въ подогрѣтыя изложницы; но вмѣстѣ съ

тѣмъ является вопросъ: можетъ ли въ самомъ дѣлѣ существовать такая значительная разница въ толщинѣ настыли, при сравнительно небольшомъ измѣненіи температуры изложницъ до отливки?

Точное рѣшеніе этого вопроса, вычисленіемъ, при настоящемъ состояніи науки — невозможно, за неимѣніемъ необходимыхъ для этого данныхъ; а потому приходится ограничиться приблизительнымъ вычисленіемъ, которое, впрочемъ, будетъ совершенно достаточно для того, чтобы показать возможно или нѣтъ столь значительное измѣненіе толщины настыли.

Если принять, что — температура плавленія стали равна 1400°Ц. ; температура отливаемой стали на 200° выше, т. е. равна 1600°Ц. ; что она прогрессивно убываетъ отъ центра болвани къ изложницѣ и, назвавъ черезъ a температуру стали, коснувшейся изложницы, а черезъ n — толщину образующейся настыли, на основаніи закона Ламберта (*при возрастаніи разстояній отъ источника тепла въ арифметической прогрессіи, температура тѣла убываетъ въ геометрической прогрессіи*), получимъ слѣдующую прогрессію:

$$\begin{array}{ccc} \text{1-ый членъ} & \text{n-ный членъ} & \text{послѣдній членъ} \\ a : & ab = 1400^{\circ} : & ab^{102^{1/2}-1} = 1600^{\circ} \end{array}$$

Подставляя цифры, взятая изъ предыдущей таблицы, получимъ:

Первоначальная температура изложницъ.	Температура a , стали на линіи соприкасація ея съ изложницей.	Температура восходящей струи ed ; =	Пониженіе температуры въ точкѣ a : $ed - a =$
$10^{\circ}; n = 40$ м. м	1284° Цел.	1416° Цел.	132° Цел.
$100^{\circ}; n = 27$ » »	1336 »	1417 »	81 »
$200^{\circ}; n = 13$ » »	1374 »	1418 »	44 »
$300^{\circ}; n = 7^{1/2}$ »	1386 »	1418 »	32 »

Изъ этого видно, что разница въ температурѣ подогрева изложницъ, хотя и очень мала относительно температуры расплавленной стали, тѣмъ не менѣе совершенно достаточна для того, чтобы образовать настыль указанной мною толщины; потому что *разница въ пониженіи температуръ, на линіи соприкосновенія съ изложницей, необходимая для образованія настыли известной толщины — меньше, чѣмъ разница въ первоначальныхъ подогревахъ изложницъ.*

Прослѣдивъ образованіе пузырей вслѣдствіе увлеченія воздуха падающей струей металла, изложу основанія, заставляющія меня предполагать, что *хорошо приготовленная сталь Мартэна, передъ отливкой, не содержитъ газовъ, выдѣляющихся передъ затверднѣніемъ ея и, слѣдовательно, способныхъ произвести пузыри.*

Этимъ я никакъ не хочу сказать, чтобы расплавленная сталь не содержала въ растворѣ никакихъ газовъ. Опытъ Карона, Хотефеля и Троста, до-

казываютъ противное тому. Я только утверждаю, что есть извѣстный, весьма краткій промежутокъ времени въ процессѣ Сименсъ-Мартэна, когда расплавленная сталь не образуетъ пузырей при остываніи. Опытъ Карона надъ кусочкомъ стали, расплавленнымъ въ известковомъ тиглѣ и остывшимъ безъ пузырей, подтверждаетъ возможность явленія, о которомъ я говорю, хотя причины въ обоихъ случаяхъ не совсѣмъ одинаковы. Каронъ приписываетъ это отсутствію кремнекислаго желѣза, образующагося при плавлѣ въ обыкновенныхъ тигляхъ и возставаемого углеродомъ стали; тогда какъ въ печи Мартэна марганецъ, замѣняя углеродъ, образуетъ съ кремнеземомъ и окисью желѣза *нелетучее* соединеніе, переходящее въ шлакъ.

При производствѣ стали по способу Сименсъ-Мартэна берутся пробы, которыя черпаются желѣзной ложкой изъ расплавленнаго металла, засыпаются пескомъ и опускаются въ воду для охлажденія. Такимъ образомъ получаютъ образчики металла въ различные моменты процесса.

Когда плавка ведется хорошо, т. е. когда соблюдены наивыгоднѣйшія условія: температуры, количества и качества газа и шлака, количества воздуха, притекающаго въ печь и проч., то пробы, въ поперечномъ изломѣ, представляютъ слѣдующій видъ:

Первыя пробы—фиг. 11, вынутыя спустя часа два послѣ начала процесса, когда въ печкѣ находится еще весьма углеродистый металлъ, даютъ изломъ зернистый, совершенно сплошной, безъ замѣтныхъ признаковъ выдѣленія газа ¹⁾.

Затѣмъ, спустя еще нѣсколько времени, появляются небольшія вздутости, фиг. 12, на верху пробъ. Въ это время содержаніе углерода превышаетъ 1%.

Потомъ, когда количество углерода понизится до 0,1% или 0,2%, то образуется одинъ сплошной пузырь, фиг. 13, покрывающій всю поверхность пробы. При этомъ объемъ пузыря, часто больше объема всей стали.

Если продолжать процессъ обезуглероживанія, то появляются пузырьки въ самомъ металлѣ, а на поверхности пробы не образуется больше пузыря, фиг. 14. Подобный металлъ считается пережженнымъ, и при подсадкѣ зеркальнаго чугуна происходитъ въ печкѣ внѣзапная и кратковременная реакція, сопровождающаяся сильнымъ и весьма громкимъ бурленіемъ, чего никогда не бываетъ, если металлъ не совсѣмъ пережженъ.

Если же, выпувъ пробу, фиг. 13, вмѣсто того, чтобы продолжать обезуглероживаніе, мы подсадимъ извѣстное количество зеркальнаго чугуна, то выпутая послѣ того проба, фиг. 15, не дастъ замѣтныхъ признаковъ выдѣленія газа, т. е. ни на поверхности, ни внутри ея, не будетъ пузырей, несмотря на то, что содержаніе въ ней углерода можетъ не превышать 0,2% ²⁾.

¹⁾ Я говорю здѣсь о стали, приготовляемой изъ чистыхъ уральскихъ матеріаловъ.

²⁾ Всѣ эти фигуры пробъ срисованы съ натуры, строго сохраняя всѣ мельчайшія подробности; а потому и на фиг. 15 показана случившаяся тутъ усѣдочная черповина, хотя она и не составляетъ необходимой принадлежности, но скорѣе является исключеніемъ.

Гипотеза Карона, что «находящееся въ расплавленной стали окисленное желѣзо, несмотря на присутствіе углерода, уступаетъ сему послѣднему свой кислородъ *только при известной температурѣ, близкой къ точкѣ застыванія твердой стали*» прекрасно объясняетъ описываемое мною явленіе.

Назовемъ черезъ T температуру, при которой совершается реакція, черезъ t —температуру застыванія пробы 15-ой, послѣ добавленія зеркальнаго чугуна; а черезъ t^1 , t^2 , t^3 и t^4 , температуры застыванія пробъ, представленныхъ фигурами 11, 12, 13 и 14.

Предположивъ, что T равно или даже немного меньше чѣмъ t^4 , увидимъ, что образованіе и выдѣленіе окиси углерода будетъ происходить въ полужидкой массѣ, въ которой и останутся слѣды въ видѣ ноздреватостей (фиг. 14).

Температура t^3 , должна быть ниже чѣмъ t^4 , такъ какъ содержаніе углерода въ пробѣ 13, больше чѣмъ въ 14; слѣдовательно и $T > t^3$. Приходя въ соприкосновеніе съ холоднымъ пескомъ, только верхній очень тонкій слой металла успѣетъ затвердѣть раньше, чѣмъ совершится реакція ввнутри пробы. Такимъ образомъ почти вся выдѣляющаяся окись углерода будетъ заключена между вздувшейся затвердѣвшей коркой и жидкимъ металломъ, осѣвшимъ на дно; при этомъ реакція должна оканчиваться еще въ то время, когда металлъ не успѣлъ затвердѣть, иначе получились бы ноздреватости, подобныя пробѣ 14-ой.

Переходя далѣе, къ пробѣ 12, у которой t^2 должно быть еще меньше чѣмъ t^3 , увидимъ, что часть газа успѣла выдѣлиться раньше, чѣмъ образовалась тонкая корка отъ прикосновенія холоднаго песка; но что въ нѣкоторыхъ частяхъ выдѣленіе продолжалось и послѣ того, отчего и получилось нѣсколько маленькихъ вздутостей.

Въ 11 пробѣ, t^1 —еще ниже, такъ что весь газъ выдѣляется раньше, чѣмъ застынетъ самая тонкая пленка.

У пробы 15-ой, въ которую добавленъ зеркальный чугунъ, t должно быть немного меньше чѣмъ t^3 , но значительно больше t^2 ; слѣдовательно, если бы и тутъ совершалась та-же реакція, то образованіе вздутости на поверхности пробы было бы неизбежно; а между тѣмъ, этого нѣтъ. Единственной причиной тому можетъ быть марганецъ, который, замѣняя собой углеродъ въ реакціи съ окисленнымъ желѣзомъ, вмѣстѣ съ кремнеземомъ образуетъ шлакъ. Выдѣленія же окиси углерода, пока есть свободный марганецъ,—не происходитъ. Промежутокъ времени, въ который вынимаемая проба получается свободной отъ пузыря, измѣняется отъ 15 до 45 минутъ, сообразно съ толщиной шлака, покрывающаго ванну и нѣкоторыми другими условіями, о которыхъ я считаю лишнимъ упоминать здѣсь. Во всякомъ случаѣ этотъ промежутокъ на столько продолжителенъ, что есть возможность окончить отливку раньше, чѣмъ сталь снова пріобрѣтетъ свойство вспучиваться.

Сталь, послѣ подсадки зеркальнаго чугуна, не выдѣляетъ газовъ только въ такомъ случаѣ, если она оставалась спокойной во время плавки, т. е. если

ея поверхность не обнажалась отъ шлака и, такимъ образомъ, она не входила въ прямое соприкасание съ атмосферой. Если же ее сильно перемѣшивали кочергой, какъ это принято дѣлать, то проба фиг. 15, получится съ пузыряремъ. На этомъ основаніи въ Англии совершенно оставлено перемѣшиваніе стали; если-же случится сомнѣніе, все-ли подсаженное желѣзо расплавилось, то пробуютъ тоненькой кочережкой, осторожно вводя ее въ ванну.

Если часть хорошо сплавленной стали, послѣ прибавленія зеркальнаго чугуна, будетъ выпущена въ ковшъ, то, при остываніи, произойдетъ вспучиваніе ея (goshage); остальная-же часть металла, оставшаяся въ печкѣ, при быстромъ пониженіи температуры, застываетъ совершенно покойно. Подобное явленіе мнѣ приходилось не разъ наблюдать, при чемъ случалось, что количество стали, оставшейся въ печкѣ, было весьма значительно.

Въ болванкахъ Бессемера количество пузырей гораздо больше, чѣмъ въ болванкахъ Мартэна, несмотря на то, что «для бессемерованія берутъ чугуны богатые кремніемъ, составляющимъ самое дѣйствительное средство для уничтоженія пузырей въ стали (см. Jordan, métallurgie du fer et de l'acier, 1872, page 352)».

Чѣмъ объяснить подобныя явленія, какъ ни поглощеніемъ воздуха сталью, приводимой въ сильное движеніе какимъ бы то нибыло способомъ: вдуваніемъ-ли воздуха, перемѣшиваніемъ-ли кочергой или паденіемъ струи стали изъ печки въ ковшъ?

Но, если есть возможность остудить сталь *Мартэна*, въ видѣ вынутой пробы, или оставшуюся въ печкѣ, безъ выдѣленія газовъ, образующихъ пузыри въ застывшемъ металлѣ, тогда какъ въ отлитыхъ болванкахъ это считается недостижимымъ, то очевидно, что причина образованія пузырей заключается въ способѣ отливки и что они происходятъ *единственно* вслѣдствіе неудовлетворительности его.

Вредъ, наносимый стали двойнымъ переливаніемъ ея изъ печки въ ковшъ, а изъ ковша въ изложницы, такъ ощутителенъ, что почти вездѣ, гдѣ введены печи Мартэна,—въ Фирмини, въ Сирелѣ, въ Крезе, въ Теръ-Нуарѣ (см. Jordan Metallurgie..., 1872),—отливка изъ ковша не употребляется. Во всѣхъ этихъ мѣстахъ, желобъ, черезъ который она выливается прямо въ изложницы, составляетъ продолженіе печнаго пода, см. фиг. 16.

Только одни англичане, съ свойственнымъ имъ упрямствомъ, придерживаются придуманнаго ими способа, хотя неудобства его очевидны и, получая въ печкѣ металлъ *не вскипающій*, тѣмъ не менѣе не избѣгаютъ значительнаго количества пузырей въ отлитыхъ болванкахъ.

Въ зациту отливки изъ ковша говорятъ, что сталь, выливаясь изъ печки, перемѣшивается въ ковшѣ и оттого бываетъ однороднѣе. Но для того, чтобы подобный аргументъ былъ вѣренъ, надо сначала доказать: 1, что болванки, отлитыя при посредствѣ ковша, дѣйствительно обладаютъ однородностью и 2,

что хорошо сплавленная сталь, еще передъ выпускомъ ея изъ печи, не обладаетъ этимъ качествомъ.

Первое изъ этихъ предложеній опровергается химическимъ анализомъ, показывающимъ различное содержаніе углерода, иногда весьма значительное, для различныхъ частей болванки; такъ, напримѣръ, сплошная масса болванки значительно разнится отъ пузыристой массы; верхъ болванки — отъ низа ея и т. д.; а если принять мою теорію образованія пузырей, то мы придемъ къ заключенію, что переливаніе стали не только не способствуетъ ея однородности, но, напротивъ того, весьма неравномѣрно обезуглероживаетъ сталь, распредѣляющуюся въ болванкѣ описаннымъ мною порядкомъ.

Второе предложеніе также не имѣетъ вѣса, потому что вся масса стали въ печи Сименсъ-Мартэна, должна быть однородна, несмотря на то, что, по-видимому, остается въ покоѣ. Эта однородность происходитъ во 1-хъ отъ того, что подсаживаемое желѣзо распредѣляется равномѣрно по всей ваннѣ, а во 2-хъ оттого, что во время перегруппированія частицъ и химической реакціи, несомнѣнно происходящихъ въ печи, должно происходить постоянное движеніе частицъ внутри расплавленнаго металла, не допускающее неоднородности его. Доказательствомъ тому, что углеродъ стремится къ равномѣрному распредѣленію въ металлѣ, можетъ служить подсаживаемое желѣзо, которое своею тяжестью опускается на дно ванны, гдѣ температура едва-ли достаточна для плавленія его. Спустя короткое время, оно, какъ говорится, *разъѣдается* сталью, т. е. приобрѣтаетъ углеродъ ея, дѣлается болѣе легкоплавкимъ и совершенно удобляется остальному металлу.

Фигура 16 представляетъ разрѣзъ печи, приспособленной для отливки безъ ковша; а фиг. 17 — печь съ желобомъ, конструкціи Сименса для отливки посредствомъ ковша.

При первомъ способѣ избѣгается бесполезное охлажденіе стали и выгораніе углерода во время паденія ея въ ковшъ и, кромѣ того, получается возможность задѣлывать выпускное отверстіе *с* гораздо слабѣе, вслѣдствіе чего облегчается пробивка его, а значить увеличиваются и шансы получить сталь съ даннымъ содержаніемъ углерода, что, строго говоря, при употребленіи ковша, почти недостижимо, такъ какъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ пробивка выпускнаго отверстія, задѣланнаго гораздо прочнѣе, отнимаетъ неопредѣленное время (отъ 10 минутъ до $\frac{1}{2}$ часа и больше), а количество углерода, выгорающаго во время выпуска въ ковшъ столь непостоянно, что его трудно предвидѣть.

Замѣна обыкновенной отливки сифонной должна способствовать уменьшенію количества пузырей въ боковыхъ изложницахъ, такъ какъ въ нихъ не будетъ круговаго движенія, являющагося при отливкѣ сверху, а напротивъ того, сталь будетъ подниматься весьма ровно и спокойно по всей изложницѣ, чѣмъ и облегчится выдѣленіе увлеченныхъ газовъ. Правда, что при сифонной отливкѣ получается нигуда негодная центральная болванка, совершенно переполненная пузырями,

по за то боковыя болванки не имѣютъ, такъ называемой, *прибыли*, т. е. верхняго погоднаго конца, а представляютъ по всей длинѣ своей сплошную, однородную массу.

На стальномъ заводѣ Сандвикенъ, въ Швеціи, въ 1872 году, при бесемерованіи замѣнили обыкновенную отливку сифонной; хозяева завода находятъ замѣну эту до такой степени удобной и выгодной, что держать подробности ея въ секретѣ.

И такъ я могу резюмировать мою статью въ слѣдующихъ словахъ:

1) Внутренніе пузыри въ литыхъ болванкахъ, хотя бы самой мягкой стали, не свариваются никакой механической обработкой, а слѣдовательно наносятъ серьезный вредъ благонадежности издѣлій.

2) Въ хорошо приготовленной стали Мартэна пузыри образуются единственно вслѣдствіе воздуха, увлекаемаго во время отливки, и

3) Для избѣжанія пузырей слѣдуетъ:

а) подогревать изложницы не ниже 100°C и обмазывать ихъ внутренность веществомъ, составляющимъ дурной проводникъ тепла,

б) выпускать сталь прямо изъ печки въ изложницы, безъ посредства ковша и

в) Обыкновенную отливку сверху—замѣнить сифонной.

При соблюденіи этихъ условій способъ Сименсъ-Мартэна долженъ дать литую сталь такую плотную и однородную, какой не дастъ ни тигельный, ни бесемеровскій способы.

18-го марта 1874 года. С.-Петербургъ.

ГОРНОЕ ХОЗЯЙСТВО и СТАТИСТИКА.

О ВОЗМОЖНОСТИ ВОДВОРЕНІЯ СОДОВАГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЮГѢ РОССІИ.

К. Лисенко.

(Докладъ Техническому Обществу, читанный въ засѣданіи 13 апрѣля 1874).

Существованіе всякой технической промышленности находится въ прямой зависимости отъ первоначальныхъ матеріаловъ, т. е. предмета обработки, различныхъ условий и самаго способа обработки, и наконецъ условий сбыта. Техническое общество, имѣя цѣлю содѣйствовать развитію технической промышленности во всѣхъ ея видахъ, конечно должно относиться съ равнымъ вниманіемъ, какъ къ вопросамъ чисто техническимъ, т. е. касающимся способа обработки различныхъ предметовъ, такъ и ко всѣмъ остальнымъ факторамъ, отъ которыхъ зависитъ преуспѣваніе той или другой отрасли промышленности. Руководясь этимъ убѣжденіемъ, я рѣшился изложить предъ собраніемъ его членовъ мой личный взглядъ на тѣ условія, которыя до сихъ поръ препятствовали развитію въ Россіи содоваго производства, при чемъ коснусь технической стороны самаго производства, на сколько это окажется нужнымъ для уясненія предмета. Техническое общество конечно не усомнится въ огромномъ значеніи для Россіи разсматриваемаго мною вопроса. Если ограничиться только конечными результатами этого производства, то значеніе его для Россіи можно опредѣлить по количеству ввозимыхъ къ намъ содовыхъ препаратовъ. — Такъ, на основаніи официальныхъ данныхъ, въ 1871 г. въ Россію ввезено:

Сода кальцинированная	599,734 пуд.	на сумму	989,563 р.
» кристаллической	38,489 »	»	44,262 »
Бѣлаго натра.	260,000 »	»	781,392 »
			<hr/>
			1,810,217 р.

Слѣдовательно, ограничиваясь только этими данными, можно было бы опредѣлить значеніе, которое будетъ имѣть содовое производство

въ Россіи, уменьшеніемъ ввоза изъ заграницы на сумму приблизительно до 2 мил. рублей. Конечно, какъ ни важенъ былъ бы самъ по себѣ подобный результатъ, но онъ далеко не выражаетъ всей пользы, которую принесло бы Россіи производство этого количества содовыхъ препаратовъ. Въ прекрасно составленномъ отчетѣ о международныхъ выставкахъ Московской и Вѣнской, выпеднемъ въ началѣ этого года, г. Крупскій прекрасно охарактеризовалъ значеніе содоваго производства въ ряду другихъ отраслей технической промышленности. Такъ онъ говоритъ на стр. 1: «при добываніи соды химическіе процессы слагаются такъ, что рядомъ съ содой получается весь комплектъ основныхъ химическихъ продуктовъ. Эти продукты первостепенной важности, получаемые на содовыхъ заводахъ, служатъ затѣмъ повсюду и на другихъ фабрикахъ исходнымъ матеріаломъ для получения всевозможныхъ содовыхъ препаратовъ. Добываніе на содовыхъ фабрикахъ цѣлаго ряда химическихъ матеріаловъ одновременно съ содой вызывается по необходимости самою сущностью содоваго процесса, который, начинаясь съ производства сѣрной кислоты, служащей для разложенія поваренной соли, даетъ затѣмъ соляную кислоту, сѣрнокислый натръ, бѣлизную известь, ѣдкій натръ и т. п.» Поэтому, чтобы опредѣлить точнѣе все значеніе, которое бы имѣло для русской промышленности производство вышепоказаннаго количества содовыхъ препаратовъ, посмотримъ, что нужно употребить и произвести, чтобы получить ихъ. Для облегченія разчета обратимъ ихъ въ однородный продуктъ и положимъ, что все количество содовыхъ препаратовъ, ввозимыхъ въ Россію, эквивалентно 800,000 пудамъ кальцинированной соды. Согласно даннымъ, приведеннымъ г. Коппомъ, обыкновенно принимаютъ, что для выдѣлки 100 частей кальцинированной соды требуется 150 ч. сульфата натрія; что 100 ч. поваренной соли даютъ максимумъ 114 ч. сульфата, при чемъ требуется равное имъ количество сѣрной кислоты въ 60° и кромѣ того получится около 300 ч. соляной кислоты. Для полученія же 100 ч. сѣрной кислоты въ 60°, при выходахъ трехъ пудовъ изъ пуда сѣры, потребуется 34 ч. сѣры или соотвѣтственное имъ количество колчедана. Такимъ образомъ производство 800,000 пудовъ кальцинированной соды потребуесть:

Приготовленія	1200	тыс. пуд.	сульфата
»	1050	»	» сѣрной кислоты въ 60°
Переработку	1050	»	» поваренной соли
	350	»	» сѣры или соотвѣтственное количество колчедана.

Кромѣ того, побочными продуктами этого производства будутъ: соляная кислота, въ количествѣ приблизительно около 3000 т. пуд., которая частью должна быть непремѣнно переработана въ другіе продукты, и наконецъ содовые остатки, изъ которыхъ, благодаря новѣйшимъ усовершенствованіямъ, значительная часть сѣры, въ нихъ заключающаяся, можетъ быть извлечена.

Кромѣ того производство 800 т. пуд. кальцинированной соды потребуетъ отъ 4 до 5 мил. пудовъ каменнаго угля и значительно оживить производство гончарныхъ и глиняныхъ издѣлій, отъ степени дешевизны и качества выдѣлки которыхъ оно существенно зависить. Наконецъ, для дополненія этой картины, я считаю необходимымъ прибавить, что: 1) многіе промежуточные продукты производства соды имѣютъ огромное примѣненіе помимо его; таково напр. производство стекла на натровомъ сульфатѣ; 2) что развитіе содоваго производства несомнѣнно увеличитъ потребленіе натровыхъ препаратовъ и поведетъ къ столь желаемой, во многихъ случаяхъ, замѣнѣ ими поташныхъ препаратовъ и 3) что я не вижу причины, почему сода, продуктъ, ввозимый до сихъ поръ въ Россію, не можетъ сдѣлаться со временемъ, наоборотъ, предметомъ вывоза, по крайней мѣрѣ для нѣкоторыхъ южныхъ портовъ. Вслѣдствіе этого, пѣтъ сомнѣнія, что приведенныя выше цифры далеко не выражаютъ того предѣла, до котораго можетъ достигъ производство соды въ Россіи, и вѣроятно при благоприятныхъ условіяхъ оно превзойдетъ ихъ въ нѣсколько разъ.

Я не стану утверждать, чтобы значеніе содоваго производства ускользало до сихъ поръ отъ вниманія нашихъ техниковъ. Сколько мнѣ помнится, производство это было предметомъ нѣсколькихъ сообщеній въ техническомъ обществѣ. Но не подлежитъ сомнѣнію, что наши техники хотѣли основать всѣ отрасли промышленности, связанные съ содовымъ производствомъ на началахъ, отличныхъ отъ тѣхъ, которыя существуютъ въ западной Европѣ. Въ самомъ дѣлѣ, вся Европейская химическая промышленность выросла на способѣ Леблана, онъ вошелъ, такъ сказать, въ ея плоть и кровь. Способъ этотъ неразлучно связанъ съ производствомъ основныхъ матеріаловъ для всѣхъ остальныхъ химическихъ производствъ; онъ даетъ дешевую сѣрную кислоту, почти ничего не стоящую соляную кислоту, сульфатъ натрія, хлорную известь, вещество, которое, благодаря его антисептическимъ свойствамъ, всякое государство должно стараться производить за дешевую цѣну и въ большомъ количествѣ и т. п.

Поэтому, хотя обиліе побочныхъ продуктовъ въ способѣ Леблана и составляетъ часто большое затрудненіе для химическихъ фабрикъ, которыя затрудняются ихъ сбытомъ, тѣмъ не менѣе продукты эти суть вещества, совершенно необходимыя, безъ потребленія которыхъ въ извѣстномъ количествѣ — техническая промышленность существовать не можетъ. — Поэтому, если, какъ говорятъ, въ настоящее время усовершенствованіе такъ называемаго аммиачнаго процесса, даетъ ему возможность конкурировать съ способомъ Леблана, то не подлежитъ сомнѣнію, что конкуренція эта, при всѣхъ самыхъ благоприятныхъ условіяхъ, только нѣсколько сократитъ примѣненіе способа Леблана въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ накопленіе побочныхъ продуктовъ производства соды того потребуетъ. Спрашивается, — имѣются ли эти условія въ

Россіи? Конечно, пѣтъ; между тѣмъ, посмотримъ, куда были направлены усилія нашихъ содовыхъ фабрикантовъ.

Г-нъ Крупскій въ отчетѣ своемъ говоритъ, что въ Россіи существуетъ 3 содовыхъ фабрики: одна, принадлежащая г-ну Прангу, основанная въ 1864 г. въ Барнаулѣ, выдѣлываетъ изъ самородной глауберовой соли (гуджира) до 18,000 пуд. соды. Другая, основ. въ 1860 г. въ Варшавѣ, перерабатываетъ въ соду Гренландскій кріолитъ. Третья—очень близко знакомая техническому обществу—фабрика Лихачева въ Лаишевѣ, близъ Чистополя, Казанской губ. Хотя Барнаульская фабрика и работаетъ способомъ Леблана, но отдаленность ея мѣстоположенія и та особенность, что она обрабатываетъ сырой матеріалъ; встрѣчающійся только въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, позволяетъ намъ исключить ее изъ нашего разсмотрѣнія. Фабрика эта во всякомъ случаѣ можетъ имѣть значеніе только для Сибири, но не для всей Россіи.

Что касается до фабрики, дѣйствующей кріолитомъ въ Варшавѣ, то конечно значеніе ея для содоваго производства въ Россіи почти равносильно нулю. Кріолитовый процессъ даетъ два продукта: глиноземъ или квасцы и соду. Если бы не существовало перваго продукта, то стоимость полученной этимъ путемъ соды, не окупала бы издержекъ производства. Слѣдовательно, сода здѣсь является продуктомъ, такъ сказать, побочнымъ, и имѣетъ для нашей содовой промышленности такое же значеніе, какъ сода, получавшаяся нѣкогда на нашихъ фабрикахъ изъ Чилийской селитры, обмѣннымъ разложеніемъ съ поташемъ. Наконецъ, если допустить, что потребность въ глиноземовыхъ препаратахъ была бы пропорціональна потребленію соды (что врядъ ли справедливо) и что, слѣдовательно, съ этой стороны не представляется препятствій къ развитію кріолитоваго процесса, все таки возлагать на него какія либо серьезныя надежды не слѣдуетъ. Кріолитъ привозится къ намъ съ далекаго сѣвера, и потому добыча и доставка его подвержены различнымъ случайностямъ; наконецъ торговля имъ находится въ совершенно чужихъ для нашихъ фабрикантовъ рукахъ, такъ что они вмѣсто матеріала съ 97% содержаніемъ кріолита получали матеріалъ съ содержаніемъ только 80% его. Все это даетъ намъ право смотрѣть на содово-кріолитовое производство какъ на частность, и потому мы не будемъ на немъ останавливаться долѣе. Кромѣ того г. Крупскій справедливо замѣчаетъ, что кріолитъ, какъ матеріалъ для глиноземовыхъ препаратовъ, утрачиваетъ свое значеніе, въ виду все болѣе и болѣе развивающагося употребленія для этой цѣли боксита. Я пользуюсь этимъ случаемъ, чтобы сказать, что года два тому назадъ г-нъ Барботъ-де-Марни нашелъ въ подмосковномъ бассейнѣ, именно въ Рязанской губ., вещество, со всеми свойствами боксита, о чемъ и сообщено въ Запис. Мипер. Общества. Кромѣ того, основываясь на присутствіи свободнаго глинозема въ Шотландскомъ богхедѣ, я подвергъ испытанію нашъ подмосковный богхедъ и убѣжденъ, что зола его можетъ служить очень хорошимъ матеріаломъ для полученія глиноземовыхъ препаратовъ.

Перейдемъ теперь къ Лаишевскому заводу съ его амміачнымъ процессомъ. Г-нъ Крупскій, въ своемъ отчетѣ, съ безпристрастіемъ, заслуживающимъ полнаго уваженія, не только подробно указываетъ на неудачи этого завода, но даже приводитъ подробные счеты, во что обходится сода при теперешнемъ размѣрѣ производства 15,000 пуд., и во что она будетъ обходиться при производствѣ въ 50,000 пуд. Теперь она обходится заводу 3 р. $13\frac{2}{3}$ коп. за пудъ, а при увеличенномъ производствѣ будетъ стоить 1 р. $43\frac{1}{2}$ к., т. е., по мнѣнію г-на Крупскаго, все таки немного дороже того, во что можетъ обходиться сода въ Россіи по способу Леблана. По видимому этотъ выводъ долженъ служить, такъ сказать, смертельнымъ приговоромъ амміачному процессу. Въ самомъ дѣлѣ, стоитъ ли увеличивать производство для того, чтобы все таки получать продуктъ, который, по своей цѣнѣ, если и можетъ конкурировать съ привозной содой, то только въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ. Но замѣчательно, что наши техники пришли къ убѣжденію о невыгодности амміачнаго процесса именно въ то самое время, когда за границей пришли къ выводу обратному. Рудольфъ Вагнеръ сообщаетъ въ Журн. Берлинск. Химич. Общества, въ статьѣ, подъ заглавіемъ: «Die Umwälzung in dem Verfahren der Sodafabrikation», что амміачный процессъ, благодаря сдѣланнымъ въ немъ усовершенствованіямъ, входитъ все болѣе и болѣе въ употребленіе. Такъ, по его показанію, въ Англіи, Венгріи, Швейцаріи, Вестфалии, Баденѣ, и др. мѣстахъ, строятся фабрики съ ежедневнымъ производствомъ въ 300 центн. Это обстоятельство, конечно, должно заставить воздержаться отъ какаго либо приговора амміачному процессу. Время покажетъ, какъ далеко можетъ простираться его конкуренція способу Леблана. Не смотря на всѣ его достоинства, онъ не даетъ всего того промышленности, что даетъ способъ Леблана. Хлоръ повареной соли при амміачномъ процессѣ остается въ хлористомъ кальціѣ, продуктѣ мало цѣнномъ, переработка котораго въ хлорную известь потребуетъ производства почти всѣхъ тѣхъ операцій, которыя ставятъ въ недостатокъ способу Леблана. Я поэтому думаю остаться вѣрнымъ истинѣ, предполагая, что, если удобства амміачнаго процесса и сдѣлаются несомнѣнными, то все таки то время, когда онъ вытѣспитъ способъ Леблана совсѣмъ, принадлежитъ будущему; а въ наше время, вѣроятно, оба способа будутъ существовать совмѣстно. Впрочемъ, для вопроса, который я хочу разсмотрѣть, рѣшительно все равно, какому изъ этихъ способовъ техника отдастъ преимущество, и потому они будутъ мною приняты оба въ соображеніе.

Я сказалъ вначалѣ, что преуспѣваніе всякой технической промышленности зависитъ прежде всего отъ сыраго матеріала, т. е. предмета обработки. Условія этой зависимости состоятъ въ томъ, что производство должно быть обезпечено предметомъ обработки, и притомъ по возможно низкой цѣнѣ. Отъ этого условія, въ большинствѣ случаевъ, почти исключительно и зависитъ выборъ мѣстности для того или другаго производства. Разсмотримъ эти условія по отношенію къ содовому производству въ Россіи. Сырыми матеріалами

въ производствѣ соды служатъ: при работѣ по способу Леблана, кромѣ соли, колчеданъ или сѣра, каменный уголь, известнякъ; при амміачномъ процессѣ, — кромѣ соли, горючій матеріалъ, сѣрнокислый амміакъ, известь и т. п.

Изъ всѣхъ этихъ веществъ, только соль, горючій матеріалъ и известь расходуются въ количествѣ, пропорціональномъ размѣру производства, такъ какъ сѣра и амміакъ могутъ быть снова большею частью регенерированы. Известь, по ея повсемѣстной распространенности, можетъ быть исключена вовсе изъ разсмотрѣнія, и потому остановимся сначала на соли и на горючемъ матеріалѣ.

Въ Россіи добываютъ соль каменную, самосадочную и выварочную. Производительность первой исчисляють слишкомъ въ 3 мил. пуд. на всѣхъ четырехъ, разрабатываемыхъ въ настоящее время мѣсторожденіяхъ (Илецкомъ, Чапчи, Кульпинскомъ и Нахичеванскомъ). — Эта производительность ихъ, сравнительно съ богатствомъ мѣсторожденій, ничтожна. Какъ ни важны сами по себѣ эти мѣсторожденія соли, мнѣ кажется, они получаютъ должное значеніе только съ введеніемъ ихъ въ сѣть желѣзныхъ дорогъ, такъ какъ сухопутный способъ доставки полагаетъ предѣлъ развитію ихъ производительности. По этому, не придавая въ настоящую минуту значенія этимъ мѣсторожденіямъ по отношенію къ содовому производству, я тѣмъ не менѣе не могу не остановиться на мнѣніи, которое мнѣ случалось слышать отъ нашихъ техниковъ, будто каменная соль менѣе пригодна для производства соды, чѣмъ соль выварочная. По крайней мѣрѣ, мнѣ объясняли этимъ обстоятельствомъ ту поспѣшность, съ которой приступили къ устройству варницъ на вновь открытыхъ мѣсторожденіяхъ соли Харьковской и Екатеринославской губ. Для разъясненія этого вопроса, я приведу здѣсь изъ Jahresbericht'a Вагнера свѣдѣнія о развитіи потребленія каменной соли въ Германіи, изъ котораго видно, что въ 10 лѣтіе съ 1860 по 1869 производительность соли въ Германіи возросла вдвое — съ 6 миліон. на 12 мил. цент.; но въ 1860 г. отношеніе между каменною солью и выварочною было, приблизительно, какъ 17 къ 83, а въ 1869 г. оно сдѣлалось какъ 54 къ 46, слѣдовательно потребленіе каменной соли возросло почти въ 6 разъ, а выварочной почти неизмѣнилось. Увеличеніе же потребленія каменной соли произошло вслѣдствіе большаго расхода при фабричныхъ производствахъ (содовое) и въ сельскомъ хозяйствѣ. Я не спору, что каменная соль не такъ охотно употребляется въ пищу человѣкомъ, но для содоваго производства, въ измолотомъ видѣ она несомнѣнно представляетъ матеріалъ несколько не худшій, чѣмъ соль выварочная, но притомъ болѣе выгодный, такъ какъ средняя стоимость каменной соли въ Германіи 4 зильб. гр. 6 пф. за центн. или 5 к. с. за пудъ (или 12 фр. за тонну), средняя же цѣна выварочной соли 13¹/₄ зильб. гр. за центнеръ, или 15 к. с. за пудъ (36 фр. за тонну).

Переходя затѣмъ къ соли съ самосадочныхъ озеръ, мы замѣтимъ, что наибольшую производительностію, судя по послѣднимъ отчетамъ горнаго вѣдомства, отличаются озера Крымскія (болѣе 6 мил.), Астраханскія (болѣе 4 мил.), Куяльницкій лиманъ (700 тыс. пуд) и Эльтонское (370 тыс. пуд.).

Въ виду дешевизны самосадочной соли въ урожайные годы, отрицать ихъ значеніе для будущаго содоваго производства въ Россіи нельзя, тѣмъ болѣе, что нѣкоторые изъ этихъ озеръ могутъ быть весьма легко введены въ сѣть желѣзныхъ дорогъ. Первое мѣсто между ними конечно занимаютъ Крымскія озера, какъ по своей производительности, такъ и по близости къ севастопольской желѣзной дорогѣ. При цѣнѣ соли Крымскихъ озеръ на мѣстѣ до 3 коп. сер., если будетъ устроена вѣтвь отъ этихъ озеръ на Лозово-Севастопольскую дорогу, соль эта будетъ въ состояніи конкурировать съ выварочною солью Харьковской и Екатеринославской губерній, даже въ предѣлахъ этихъ губерній.

Что касается выварочной соли, то, какъ извѣстно, монополія этого производства принадлежитъ Пермскимъ промысламъ, на которые напр. въ 1871 г. изъ 11 $\frac{1}{2}$ милл. всей вываренной соли въ Россіи, приходится 10 $\frac{1}{2}$ милл. По отдаленности ихъ положенія отъ юга Россіи, я не буду говорить о значеніи ихъ относительно разсматриваемаго нами предмета. Но изъ числа остальныхъ солеваренныхъ заводовъ, есть одни, на которые я считаю необходимымъ обратить особенное вниманіе технического общества, по тому значенію, которое они несомнѣнно приобрѣтутъ въ весьма близкомъ будущемъ.

Славянскія соляныя озера извѣстны съ весьма давняго времени; о нихъ уже упоминается въ древнѣйшемъ географическомъ о Россіи сочиненіи «Книгѣ большому чертежу». Выварка соли въ Харьковской губерніи началась еще въ прошломъ столѣтіи. Такъ, въ царствованіе Анны Иоанновны, она производилась подъ руководствомъ Юнкера, иностранца спеціально знакомаго съ галлургіей. Несмотря на слишкомъ вѣковой промежутокъ, производительность Славянскихъ варницъ ничтожна и производство это въ теперешнемъ его состояніи не заслуживало бы вниманія. Такъ, по свѣдѣніямъ мною полученнымъ, въ Славянскѣ дѣйствовали въ 1873 г. 9 варницъ, пользовавшихся разсоломъ въ 6° изъ неглубокихъ колодцевъ, а именно не болѣе 7 арш.; разсолъ этотъ сгущается на весьма плохо устроенныхъ градирахъ до 18° и затѣмъ уваривается на мелкую соль въ чрезвычайно несовершенныхъ чренахъ. Въ 1873 году выварено соли, какъ мнѣ сообщено, до 250 т. пуд., при чемъ затрачено до 300 т. пудовъ угля изъ Лисичанскихъ и Рубежанскихъ копей, цѣною по 12 коп. сер. Причину столь ничтожной производительности Славянскихъ варницъ должно искать главнѣйше въ незначительномъ количествѣ и относительно небольшомъ содержаніи тамонныхъ разсоловъ.

Лѣтъ 20 тому назадъ, заслуженный профессоръ Харьковскаго университета, Борисякъ,—въ просвѣщенной дѣятельности котораго югъ Россіи имѣетъ наиболѣе вѣрнаго и краснорѣчиваго защитника своихъ интересовъ,—основываясь на общемъ геогностическомъ обзорѣ юго-восточной части Харьковской губерніи, пришелъ къ тому выводу, что въ нѣдрахъ Славянской почвы должны находиться залежи каменной соли. Мнѣніе это было выражено имъ въ его «Очеркѣ геогностическаго строенія и минеральныхъ богатствъ Харьков-

ской губерніи», напечатанномъ въ Харьк. Губерн. Вѣдом. въ 1858 и въ Горномъ Журналѣ, и затѣмъ неоднократно, съ пастойчивостію, характеризующею этого полезнаго мѣстнаго дѣятеля, повторяемо во множествѣ другихъ статей и замѣтокъ. Изъ газетныхъ свѣдѣній мы видимъ, что того же мнѣнія держались и другіе ученые, какъ то: Альбрехтъ, Гильмень и Гуровъ, но полный сводъ научныхъ мнѣній, подтверждающихъ это мнѣніе профессора Борисяка, былъ представленъ адъюнктомъ горнаго института А. П. Карпинскимъ ¹⁾. Г. Карпинскій былъ командированъ нашимъ главнымъ горнымъ управленіемъ, по просьбѣ Харьковскаго губернатора, генерала Дурново, специально для разрѣшенія вопроса о возможности нахождения каменной соли. Г. Карпинскій въ своемъ отчетѣ указываетъ на то, что разрѣшеніе какихъ бы то ни было геогностическихъ вопросовъ въ Харьковской губерніи, значительно затрудняется не только огромнымъ развитіемъ напосовъ, но и скудостію и часто совершеннымъ отсутствіемъ окаменѣлостей, а также тождествомъ петрографическаго состава породъ, образованія разновременнаго. Сравнивъ между собою условія проявленія соленосныхъ водъ въ различныхъ мѣстностяхъ Харьковской и Екатеринославской губерній, авторъ пришелъ къ тому выводу, что соль Славянскихъ озеръ и разсоловъ беретъ свое начало въ Пермской почвѣ; затѣмъ онъ полагаетъ, что присутствіе въ ней каменной соли весьма вѣроятно, но вопросъ о степени благонадежности мѣсторожденій можетъ быть разрѣшенъ только при помощи буровой скважины. На необходимости заложения въ этомъ мѣстѣ буровой скважины настаивалъ еще ранѣе профессоръ Борисякъ, и мнѣніе это, несмотря на полное сочувствіе къ нему многихъ иностранныхъ ученыхъ и инженеровъ, долгое время не получало практическаго значенія. Только въ 70-хъ годахъ, благодаря все болѣе и болѣе развивающемуся въ обществѣ довѣрію къ богатствамъ, кроющимся въ нѣдрахъ Донецкаго бассейна, были заложены въ Славянскѣ и Бахмутѣ буровыя скважины, которыя обѣ встрѣтили каменную соль. Въ виду такого успѣшнаго результата, я не могу не высказать мнѣнія, что если оба эти полезныя предпріятія были начаты благодаря просвѣщенной дѣятельности профессора Борисяка, то тѣмъ не менѣе нельзя отрицать, что и горное вѣдомство, командированіемъ г. Карпинскаго, и г. Карпинскій своимъ отчетомъ, — весьма много содѣйствовали къ ихъ осуществленію. Скважина въ Бахмутѣ была заложена въ 1871 г. фирмой Скараманги, Ангелиды и комп. Встрѣтивъ тамъ на глубинѣ 48 саж. каменную соль, а равно и насыщенный разсолъ, предприниматели выстроили соляную варницу такихъ размѣровъ и столь роскошную, что вѣроятно подобной ей не найдется во всей Россіи. Зданіе ея кирпичное, цоколь высокій изъ теснаго песчаника; въ ней имѣется семь чреновъ въ 1200 кв. фут. поверхности нагрѣва. Одна сторона этой варницы примыкаетъ къ линіи желѣзной дороги,

¹⁾ Горный Журналъ 1870 г.

проектированной отъ Константиновской станціи въ Лисичанскѣ. Опредѣлить размѣръ производительности этой варницы впередъ — довольно трудно. такъ какъ выходы соли будутъ зависѣть, помимо крѣпости разсола, отъ способа увариванія и наконецъ отъ степени совершенства устройства варницы. Въ Шенебекѣ изъ 24° разсола получаютъ при варкѣ на крупную соль, въ годъ, на каждый квадрат. метръ поверхности—380 пуд., а при варкѣ на мелкую соль—1300 пуд. Принимая среднюю производительность, то есть 850 пуд. соли на 1 квадрат. метръ поверхности, будемъ имѣть, что устроенная въ Бахмутѣ варница можетъ давать до 800 тыс. пудовъ соли ежегодно. Сколько я помню, производительность этой варницы рассчитывается въ 1,000,000 пудовъ. Считаю необходимымъ пополнить эти свѣдѣнія, приведя имена г. Кондратьева, инженера, производившаго съ такимъ успѣхомъ развѣдки на соль въ Бахмутѣ, и г. Данфера, французскаго инженера, строившаго эту варницу. Въ Славянскѣ скважина заложена въ 1872 г. княземъ С. Кочубеемъ и докторомъ Сенжаревскимъ. Скважина эта прошла слишкомъ 1 саж. по наносу, 5 саж. по водоносному песку съ конгломератами и 18 саж. слишкомъ по разноцвѣтнымъ глинамъ Пермской почвы. На этой глубинѣ 25 саж., буръ вошелъ въ ангидритъ, который съ перемежающимися слоями гипса, доломита, селенита и прослойками соленосныхъ глинъ, продолжался на 27 саж. 15 верш. Затѣмъ буръ вошелъ въ каменную соль, которой въ настоящее время тамъ найдены 2 пласта, изъ коихъ одинъ толщиною въ 3 саж. 4 верш. съ прослойками глины, общая толщина которыхъ 15 верш.). Затѣмъ буръ прошелъ 4 арш. по несоленосной глинѣ и врѣзался во второй пластъ соли, толщина котораго, безъ прослойковъ, 2¹/₂ саж. Далѣе буръ уперся въ черную породу, образцы которой мнѣ къ сожалѣнію еще не доставлены, и буреніе прекращено, какъ рѣшившее вопросъ о присутствіи каменной соли. Если обратить вниманіе, что въ Славянскѣ и Бахмутѣ, въ двухъ буровыхъ скважинахъ, отстоящихъ другъ отъ друга въ 35 или 40 верстахъ по прямому направленію, встрѣчены залежи каменной соли почти на одинаковой глубинѣ и при тождественныхъ условіяхъ напластованія почвы, то нельзя не признать, что вновь открытыя мѣсторожденія каменной соли весьма значительны. Но съ другой стороны нельзя и не пожалѣть, что обѣ буровыя скважины не выяснили вопроса о толщинѣ соляной залежи съ достаточною точностью. Хотя толщина въ 4—5 саж. сама по себѣ почтенна, но въ виду такихъ фактовъ, какіе намъ представляютъ Стасфуртъ, Шперенбергъ, Чапчачи, гдѣ какъ напр. въ Шперенбергѣ, буръ, пройдя 4000 фут по соли, не открылъ конца мѣсторожденію, конечно можно ожидать толщины и большей. Кромѣ того я не могу не выразить моего удивленія къ поспѣшности, съ которою обѣ компаніи приступили къ устройству варницъ, не убѣдившись предварительно въ возможности разработывать соль каменную. Если обратить вниманіе на то, что въ Пруссіи, при самомъ совершенномъ способѣ работы, цѣна выварочной соли втрое превышаетъ цѣнность соли каменной (а именно 5 и

15 коп.), то въ этой поспѣшности нельзя не видѣть, какъ мнѣ кажется, нѣкотораго промаха. Въ виду однакоже того, что и въ Славянскѣ и Бахмутѣ остановились на производствѣ выварочной соли, а не каменной, я постараюсь вычислить вѣроятную стоимость ея въ этихъ мѣстностяхъ. Обыкновенно принимаютъ, что при насыщенномъ разсолѣ, можно получить на пудъ угля отъ $1\frac{3}{4}$ пуда (Англии) до $2\frac{1}{8}$ пуд. соли. Примемъ низшую норму и ту цѣну, по которой продавался въ Славянскѣ каменный уголь изъ Лисичанска въ прошломъ году, т. е. 12 коп. за пудъ; выварка соли обойдется 12: 1,75 — т. е. 6,8 к. Допустивъ, какъ это существуетъ во многихъ заграничныхъ солеварняхъ, что стоимость угля составляетъ половину всѣхъ расходовъ по вываркѣ соли, которая въ Пруссіи колеблется между $2\frac{1}{2}$ и $3\frac{1}{2}$ фр. за 100 кило, или на пудъ отъ 10 до 15 коп., а за исключеніемъ горючаго — отъ 5 до $7\frac{1}{2}$ к. на пудъ соли. Принимая высшую цифру получимъ, что въ Славянскѣ и Бахмутѣ соль выварочная будетъ обходиться около $14\frac{1}{2}$ коп. за пудъ. Цѣна эта, какъ видно, почти не отличается отъ средней стоимости выварочной соли въ Германіи, но все таки, въ видахъ болѣе прочнаго развитія производства соды, желательно, чтобы она была еще дешевле. Для рѣшенія вопроса о пригодности къ употребленію Славянской соли въ естественномъ видѣ, былъ сдѣланъ анализъ верхней части нижняго пласта, и при этомъ получено:

Воды и летучихъ веществъ	0,28 ⁰ / ₀
Нерастворимаго остатка.	0,61 ⁰ / ₀
Магnezія.	слѣды
Гипса.	1,57 ⁰ / ₀
Хлористаго натрія	97,15 ⁰ / ₀
	<hr/>
	99,67 ⁰ / ₀

Весьма вѣроятно, что количество гипса еще болѣе уменьшится въ ниже лежащемъ слобѣ, и что вообще славянская соль по чистотѣ немного уступитъ каменной соли изъ другихъ мѣсторожденій.

Но въ настоящую минуту довольно трудно разсуждать про стоимость соли и вообще про сбытъ Славянской соли. Если окажется возможнымъ добывать ее, какъ соль каменную, то она будетъ обходиться не дороже нѣсколькихъ копѣекъ и не только не будетъ бояться конкуренціи соли Крымскихъ озеръ, но вѣроятно значительно сократитъ районъ потребления послѣдней.

Второй по важности матеріалъ для производства соды — есть топливо. Важность его при работѣ по способу Леблана, опредѣляется тѣмъ, что для выдѣлки пуда кальцинированной соды расходуется не менѣе 4-хъ пудовъ каменнаго угля. Расходъ топлива при работѣ амміачнымъ процессомъ также весьма значителенъ, судя по счетамъ, приложеннымъ въ отчетѣ г-на Крупскаго. Но мы не станемъ разсчитывать какому количеству угля эквивалентно приведенное въ этихъ счетахъ количество дровъ, такъ какъ весьма вѣроятно,

что эти величины измѣнятся при болѣе благопріятномъ ходѣ производства и ихъ нельзя считать нормальными. Но при обсужденіи вопроса, какое топливо—ископаемое или растительное—наиболѣе благопріятно для питанія производства соды, мнѣ кажется, вопросъ долженъ быть разрѣшенъ безусловно въ пользу перваго. Нельзя отрицать, чтобы въ Россіи еще не нашлось мѣстностей, гдѣ бы дрова обходились весьма дешево, но придавать значеніе этому факту въ данномъ случаѣ не слѣдуетъ. Въ самомъ дѣлѣ, обиліе лѣса почти всегда предполагаетъ отсутствіе желѣзно-дорожныхъ путей сообщенія (которые у насъ весьма скоро превращаютъ лѣсныя пространства въ голыя степи). Оно предполагаетъ, въ большинствѣ случаевъ, малонаселенность края, низкую степень промышленнаго развитія страны и вообще множество другихъ условій, которыя такъ хорошо знакомы всѣмъ техникамъ у насъ въ Россіи. Уже одинъ тотъ фактъ, что вездѣ за границей, гдѣ производство соды приняло значительное развитіе, оно считается ископаемымъ углемъ, а не дровами—мнѣ кажется доказываетъ предпочтительность перваго предъ послѣднимъ. Создавая содовое производство на древесномъ горючемъ, мы рискуемъ въ будущемъ пережить всѣ тѣ сомнѣнія, опыты и неудачи, которые такъ долго тормозили наше желѣзное производство. Поэтому, смотря на содовое производство въ Россіи, какъ на весьма важную для государства отрасль промышленности, мы позволимъ себѣ утверждать, что на древесномъ матеріалѣ оно никогда не получить должнаго развитія. Переходя затѣмъ къ русскимъ каменноугольнымъ бассейнамъ, нельзя сомнѣваться, что Донецкій, преимущественно предъ другими, представляетъ всѣ данныя для развитія въ окрестностяхъ его обширной содовой промышленности. Но конечно округъ этотъ въ современномъ его положеніи не вполне подготовленъ для этого, и именно по отсутствію необходимыхъ желѣзно-дорожныхъ путей сообщенія. Постройка двухъ магистральныхъ линій дала нашей каменноугольной промышленности сильный толчокъ; производительность донецкаго бассейна возросла до 20 слишкомъ милліоновъ пудовъ, но дальнѣйшее движеніе ея впередъ пріостановилось и вѣроятно въ ближайшемъ будущемъ она уменьшится. Тѣ рудники, которые находятся вблизи или на самой линіи желѣзной дороги (напр. Грушевка) конечно не потеряютъ ничего отъ того забвенія, которому подвергся въ послѣднее время Донецкій бассейнъ, но всѣ остальные положительно обречены этимъ самымъ на почти полное бездѣйствіе. Практикуемая въ настоящее время перевозка на волахъ на разстояніяхъ въ 50 и 80 верстъ и притомъ въ огромныхъ размѣрахъ служитъ причиной, почему уголь, стоящій на мѣстѣ отъ 5 до 6 коп., продается въ Славянскѣ, на линіи желѣзной дороги, отъ 12 к. сер., а въ Харьковѣ—до 20 к. с. Велибы проектированныя уже нѣсколько лѣтъ тому назадъ линіи отъ Звѣрева, Лисичанска и Голубовки къ различнымъ пунктамъ Харьково-Таганрогской дороги, были построены, то каменный уголь въ окрестностяхъ Славянска обходился бы, при той же стоимости добычи, почти вдвое дешевле теперешней его цѣны. Нельзя однакоже не признать, что цѣна въ 8—9 к.

за пудъ все-таки очень высока, сравнительно съ той, по которой каменный уголь обходится содовымъ заводамъ Англїи. Но каменноугольныя мѣстороженія Донецкаго бассейна представляютъ всѣ данныя къ тому, чтобы эксплуатация ихъ обходилась дешево, и если она обходится въ настоящее время сравнительно дорого, то это происходитъ отъ различныхъ мѣстныхъ условій, которыя въ будущемъ навѣрное измѣнятся къ лучшему.

Третій матеріалъ при работѣ амміачнымъ процессомъ суть амміачныя соли, а при способѣ Леблана—сѣра или колчеданъ. Въ счетахъ, приложенныхъ къ книгѣ Г-на Крупскаго, расходъ сѣрникоислаго амміака показанъ приблизительно въ $\frac{1}{10}$ отъ количества выдѣланной соды. Расходъ этотъ конечно весьма великъ, но даже если онъ сократится, благодаря тѣмъ усовершенствованіямъ, которыя, какъ пишутъ, сдѣланы въ этомъ способѣ, все таки слѣдуетъ, при учрежденіи содоваго производства, имѣть въ виду, что въ настоящее время повсемѣстно главнымъ источникомъ амміачныхъ солей является каменный уголь. По этому выгоднѣе учреждать содовое производство съ амміачнымъ процессомъ по близости каменноугольныхъ бассейновъ, гдѣ съ развитіемъ перегонки каменнаго угля, амміачныя соли конечно будутъ обходиться дешевле, чѣмъ въ мѣстахъ отдаленныхъ. Конечно, въ настоящую минуту, амміачныя соли на югѣ Россіи обойдутся вѣроятно немногимъ дешевле, чѣмъ въ Казанской губ., но въ будущемъ перевѣсъ несомнѣнно останется за первою мѣстностью.

Переходя за тѣмъ къ колчедану или сѣрѣ, столь важному матеріалу содоваго производства при работѣ по способу Леблана, необходимо признать, что до сихъ поръ не найдено въ Донецкомъ бассейнѣ ни самородной сѣры, ни достаточно благонадежныхъ мѣстороженій колчедана или другихъ сѣрнистыхъ металловъ. Правда, во многихъ мѣстностяхъ Донецкаго бассейна извѣстно нахожденіе сѣрнистыхъ свинцовыхъ и мѣдныхъ рудъ, но о значеніи ихъ, по неимѣнію данныхъ, говорить теперь нельзя. По этому, естественно, введеніе способа Леблана на югѣ Россіи сопряжено съ употребленіемъ привозной сѣры. Обстоятельство это, неудобное само по себѣ, не заключаетъ въ сущности ничего особеннаго. Было время, когда въ Европѣ вся сѣрная кислота, необходимая при производствѣ соды, готовилась изъ Сицилійской сѣры и въ настоящее время она употребляется нѣкоторыми иностранными заводами. Близость Донецкаго бассейна къ портамъ Азовскаго моря, обезпечиваетъ дешевизну ея доставки водянымъ путемъ. Притомъ тѣ усовершенствованія, которыя введены въ послѣднее десятилѣтіе въ обработкѣ содовыхъ остатковъ, значительно сокращаютъ расходъ сѣры и даютъ возможность получать ее большею частью обратно. Притомъ до сихъ поръ въ Россіи почти половина всей сѣрной кислоты получается изъ комбовой сѣры и нѣтъ основанія полагать, чтобы производство это у насъ на югѣ Россіи было невозможно въ экономическомъ отношеніи, тогда какъ оно оказывается вполне возможнымъ во многихъ мѣстахъ Европы. Оставляя въ сторонѣ другіе матеріалы, необхо-

димые при содовомъ производствѣ, какъ напр. известъ, мы видимъ, что для развитія его въ значительныхъ размѣрахъ, наиболѣе благопріятныя условія по крайней мѣрѣ по отношенію къ главнымъ матеріаламъ, подлежащимъ обработкѣ, находятся на югѣ Россіи, въ окрестностяхъ Славянска, Бахмута и вообще въ районѣ Донецкаго бассейна. Мнѣніе это, высказанное мною, ровно 6 лѣтъ тому назадъ на 224 стр. т. II моего руководства, не обратило на себя должнаго вниманія. Въ настоящее же время, когда попытки водворить производство соды въ другихъ мѣстахъ Россіи и на пачалахъ отличныхъ отъ тѣхъ, которыми содовое производство развивалось въ Европѣ, привели къ результатамъ неудачнымъ, и когда вновь сдѣланныя открытія громадныя мѣсторожденія соли, почти въ самомъ Донецкомъ бассейнѣ, дѣлають развитіе тамъ содоваго производства вполне возможнымъ—я полагаю, что мнѣніе мое будетъ принято Техническимъ Обществомъ.

Въ пачалѣ моего сообщенія, я замѣтилъ, что развитіе всякаго производства находится въ зависимости отъ условій сбыта. Въ числѣ многоразличныхъ обстоятельствъ, которыя вліяють на сбытъ,—пути сообщенія имѣють преобладающее значеніе. Но въ этомъ отношеніи Донецкій бассейнъ поставленъ въ условія, не худшія чѣмъ Варшава или Казанская губ., такъ какъ соединенъ съ Москвой и Нижнимъ,—этими центрами потребленія химическихъ продуктовъ,—двумя линіями желѣзныхъ дорогъ.

Признавъ, что нашъ Донецкій бассейнъ обладаетъ условіями, необходимыми для развитія въ немъ обширнаго содоваго производства, я перейду къ разсмотрѣнію тѣхъ мѣръ, которыя должны способствовать его водворенію и ускорить оное. Г-нъ Крупскій, въ своемъ отчетѣ, упоминаетъ о состоявшемся въ 1867 г. разрѣшеніе отпускать безакцизно соль для содовыхъ фабрикъ. Положеніе это конечно, весьма важно, такъ какъ безъ него въ Россіи, конечно, не могло бы устроиться никогда ни одного содоваго завода. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ эта льгота для содоваго производства существуетъ за границей, — то еслибы у насъ ея не было,—пришлось бы разсчитывать при устройствѣ содовой фабрики на то, что выдѣлка соды у насъ будетъ стоить на 20—25 к. дешевле чѣмъ за границей, такъ какъ только при этомъ условіи она могла бы конкурировать съ иностранной. Между тѣмъ, не подлежитъ сомнѣнію, что всякая вновь устроенная у насъ фабрика, поставленная въ самыя благопріятныя условія, будетъ давать вначалѣ продуктъ по цѣнѣ нѣсколько высшей, чѣмъ за границей, и что только со временемъ намъ удастся сравниться въ этомъ отношеніи съ иностранными государствами. Я замѣчу, что эти самыя соображенія руководили нѣкоторыми лицами, мнѣ лично извѣстными и предполагавшими устроить содовый заводъ въ Россіи лѣтъ 15 тому назадъ, но на ходатайство ихъ объ отпускѣ безпошлинно соли для этой цѣли имъ было предложено обратиться къ разработкѣ горько-соленыхъ озеръ Астраханской и Кумо-Манычской степи; самое же ходатайство было отклонено.

Но какъ ни важна сама по себѣ мѣра, принятая правительствомъ въ 1867

г., не подлежитъ сомнѣнію, что она одна не составляетъ всего, что нужно для развитія у насъ содоваго производства, и это доказывается тѣмъ, что не смотря на существованіе ея въ теченіи семи лѣтъ, прочному водворенію у насъ содоваго производства не положено начала.

При обсужденіи мѣръ, которыя могутъ способствовать водворенію у насъ столь важной отрасли технической промышленности, я принимаю за исходную точку слѣдующее положеніе: если въ Россіи существуетъ мѣстность, гдѣ сырые матеріалы могутъ обходиться, при полной ихъ доброкачественности, не дороже чѣмъ въ тѣхъ государствахъ, гдѣ содовое производство достигло огромнаго развитія, то, мнѣ кажется, правительство должно сдѣлать все необходимое для того, чтобы эти сырые матеріалы дѣйствительно обходились по наимвозможно-низшей цѣнѣ. Такою мѣстностью, мнѣ кажется, являются у насъ окрестности Славянска и Бахмута. Допустивъ это, я рассмотрю тѣ мѣры, которыя могутъ понизить цѣну сырыхъ матеріаловъ содоваго производства въ этой окраинѣ Донецкаго бассейна. Первый матеріалъ, на цѣнѣ котораго я считаю необходимымъ остановиться,—*это соль*. Мы видѣли выше, что, при вываркѣ ея изъ вновь открытыхъ мѣсторожденій въ Славянскѣ и Бахмутѣ, она будетъ обходиться около 15 коп. за пудъ. Какъ ни низка эта цѣна сравнительно съ теперешней, ее слѣдуетъ стараться понизить, если это возможно. А цѣна эта понизится, если соль будутъ добывать тамъ какъ каменную, а не какъ выварочную. Между тѣмъ вопросъ о возможности добыванія каменной соли можетъ быть разрѣшенъ только тщательнымъ изслѣдованіемъ соляныхъ залежей въ Славянскѣ и Бахмутѣ. Принимая во вниманіе, что въ этихъ двухъ мѣстностяхъ, отстоящихъ другъ отъ друга по прямому направленію верстъ на 40, найдены пласты каменной соли почти на одинаковой глубинѣ, необходимо допустить, что залежи каменной соли тамъ имѣютъ довольно значительное протяженіе; но вопросъ о толщинѣ ихъ до сихъ поръ не разрѣшенъ съ достаточною точностію. Не говоря уже про Бахмутскую скважину, которая только встрѣтила соль, но не пересѣкла ея пластовъ, до сихъ поръ неизвѣстно, что за порода чернаго цвѣта, на которой остановился буръ Славянской скважины и на которой буреніе прекращено. Если эта порода есть каменно-угольный песчаникъ, то къ пріостановкѣ буренія было основаніе; если же порода эта относится къ происхожденію болѣе новому, то буреніе слѣдовало продолжать далѣе. Во всякомъ случаѣ, наши солепромышленники не приступятъ къ подземной добычѣ соли до тѣхъ поръ, пока характеръ самаго мѣсторожденія ея не будетъ выясненъ достаточно подробно, чтобы быть увѣренными, что сдѣланныя ими затраты на устройство шахтъ вознаграждаются. Поэтому заложеніе нѣсколькихъ буровыхъ скважинъ на линіи между Славянскомъ и Бахмутомъ есть дѣло первой необходимости, и мнѣ кажется, что Техническое Общество оказало бы услугу русской соляной и содовой промышленности, если бы снеслось по этому предмету съ подлежа-

щими вѣдомствами. Замѣчу, что и цѣна въ 5 коп. на пудъ составляетъ 12 фр. за тонну.

Второй пунктъ, разрѣшеніе котораго въ высшей степени важно во многихъ отношеніяхъ, есть цѣна каменному углю. Донецкій бассейнъ обладаетъ неисчерпаемыми богатствами каменнаго угля всевозможныхъ сортовъ, начиная отъ тощихъ газовыхъ, переходя за тѣмъ къ жирнымъ и кончая огромными залежами антрацита. Нѣтъ производства, которое бы не могло получить прочнаго водворенія на этомъ огромномъ богатствѣ горючаго матеріала, скопленнаго тамъ природой. Донецкій уголь можетъ посомнѣнно конкурировать съ англійскимъ, не только въ портахъ Чернаго моря, но и въ Средиземномъ морѣ, не говоря уже про удовлетвореніе потребностей промышленности центральной Россіи. Между тѣмъ у насъ каменноугольная промышленность находится едва въ зачаточномъ состояніи и послѣ сильнаго толчка впередъ, вызваннаго постройкой двухъ южныхъ линій желѣзныхъ дорогъ, она пошла назадъ, такъ какъ за послѣдніе годы не только не заложено новыхъ копей, но большинство старыхъ пріостановили свое дѣйствіе. Большинство углепромышленниковъ питается надеждами на будущее, но скоро ли это будущее прійдетъ и чѣмъ оно можетъ быть вызвано, это разрѣшается не такъ просто. Я думаю, что не лишю нисколько интереса то сообщеніе, которое послѣдуетъ затѣмъ сегодня же, если приведу здѣсь нѣсколько данныхъ, касающихся этого предмета. При обсужденіи мѣръ, которыя могутъ вызвать развитіе потребленія угля, конечно, лучше всего обратиться къ статистикѣ потребленія его въ другихъ государствахъ. Ограничусь здѣсь цифрами относительно Англій, причѣмъ буду руководиться данными, выработанными парламентской комиссіей, которая тамъ была назначена въ 60-хъ годахъ. Въ періодъ съ 1869 по 1872 годъ, добываемый въ Англій уголь расходовался слѣдующимъ образомъ:

	1869 г.	1870 г.	1871 г.
Желѣзное производство	33 ¹ / ₂ м. т.	35 ¹ / ₂	38 ¹ / ₂
Мануфактуры	25 ¹ / ₃ » »	44 ¹ / ₂ }	46
Рудники и копи	7 ¹ / ₂ » »		
Пароходы и желѣзныя дороги	4 » »		
Свѣтильный газъ	6 » »		
Всего мануфактуры:	79 ¹ / ₂ » »	80 ¹ / ₂	85 ¹ / ₃
Вывозъ	10 ³ / ₄ » »	11 ³ / ₄	12 ² / ₃
Домашнее потребленіе	15 » »	15 ¹ / ₂	16 ² / ₃
Ирландія	2 » »	2 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂
Всего	107 ¹ / ₂ » »	110 ¹ / ₂	117 ¹ / ₃

Изъ этой таблицы мы видимъ, что главный потребитель каменнаго угля, въ настоящее время, есть желѣзное производство, затѣмъ идутъ мануфактуры,

домашній обиходъ, вывозъ, наконецъ свѣтильно-газовое производство и желѣзныя дороги и пароходы. Руководясь этими данными, миѣ кажется, правительство, если только оно желаетъ вызвать развитіе каменноугольной промышленности, не должно останавливаться ни передъ какими мѣрами, лишь бы только осуществить водвореніе у насъ прочнаго желѣзнаго производства и мануфактуръ. Изъ числа такихъ мѣръ, первое мѣсто, конечно, занимаютъ желѣзныя дороги, во-первыхъ потому, что онѣ облегчаютъ сбытъ и передвиженіе сырыхъ матеріаловъ отъ мѣста добычи къ мѣсту обработки, а во-вторыхъ потому, что онѣ для желѣзнаго производства составляютъ сами по себѣ огромный источникъ потребленія. Если вникнуть въ причины того оживленія, которое имѣла, нѣкоторое время, наша подмосковная каменноугольная промышленность, то, конечно, оно можетъ быть объяснено не проявленіемъ сознанія того, что тамъ есть уголь, такъ какъ объ этомъ знали 30 или 40 лѣтъ назадъ, а тѣмъ, что желѣзныя дороги дали возможность сбывать этотъ уголь и превращать его въ деньги. Точно также временное оживленіе каменноугольной промышленности Донецкаго бассейна можетъ быть объяснено постройкой тамъ двухъ линій желѣзныхъ дорогъ. Наконецъ, тѣ же желѣзныя дороги привели насъ къ сознанію необходимости преобразовать нашу желѣзную промышленность и организовать ее на новыхъ началахъ и въ иныхъ мѣстностяхъ. Мы знаемъ, что блестящіе результаты, которыми заявило себя, въ послѣднее время, наше финансовое управленіе, достигнуты благодаря тому довѣрію, какъ это заявлялъ нѣсколько разъ самъ г. министръ финансовъ, которое онъ питалъ къ производительнымъ силамъ страны. Однакоже, не подлежитъ сомнѣнію, что это довѣріе болѣе касалось виѣшней производительности почвы Россіи, чѣмъ нѣдръ ея, и это весьма понятно, такъ какъ до сихъ поръ нашъ горный промыселъ, въ ряду другихъ отраслей промышленности, занимаетъ второстепенное мѣсто. Между тѣмъ, судя по тѣмъ богатствамъ, которыя кроются въ различныхъ мѣстностяхъ Россіи, не подлежитъ сомнѣнію, что наша горная промышленность можетъ имѣть значеніе первостепенной важности. Если мы видимъ, что желѣзныя дороги, устроенныя даже не со спеціальною горно-промышленною цѣлію, оказывали столь благотворное вліяніе на горный промыселъ, то, конечно, дороги, устроенныя спеціально съ этой цѣлію, окажутъ дѣйствіе еще болѣе значительное. Поэтому я прихожу къ тому убѣжденію, что только правильно выработанная сѣтъ желѣзныхъ дорогъ въ Донецкомъ бассейнѣ, которая свяжетъ главнѣйшія изъ существующихъ тамъ копей съ магистральными линіями и откроетъ сбытъ каменному углю къ главнѣйшимъ промышленнымъ центрамъ и въ часть Россіи, лежащую по ту сторону Днѣпра, и, наконецъ, которая снабдитъ Донецкій бассейнъ хорошими желѣзными рудами, что только такая сѣтъ можетъ поставить нашу каменноугольную промышленность на должную степень процвѣтанія. Ничему другому какъ отсутствію поперечныхъ желѣзнодорожныхъ вѣтвей, которыя бы перерѣзывали Донецкій бассейнъ въ нѣсколькихъ направ-

леніяхъ съ востока на западъ, должно приписать то обстоятельство, что каменный уголь, стоящій во многихъ рудникахъ на мѣстѣ добычи по 5—6 коп. за пудъ, продается на линіи Харьковско-Азовской желѣзной дороги, около Славянска и Бахмута не ниже 12 коп., а въ Харьковѣ около 20 к. за пудъ. Я замѣчу, что недавно въ одной изъ газетъ высказано было мнѣніе, что капиталъ, который необходимо затратить для устройства у насъ сѣти желѣзныхъ дорогъ, соответствующей насущнымъ потребностямъ страны, далеко превосходитъ ту контрибуцію, которая была уплачена французами за послѣднюю войну, и что, несмотря на богатство этой страны, эта контрибуція легла тяжелымъ бременемъ на ея бюджетъ. Но уплата эта никакимъ образомъ не можетъ быть названа производительной затратой, а не подлежитъ сомнѣнію, что увеличеніе бюджета на производительныя затраты, какъ показываетъ примѣръ нашего финансоваго управленія, не только не затрудняетъ сводъ итоговъ государственнаго бюджета, но даже облегчаетъ его.

Какъ бы то ни было, эта сѣть желѣзныхъ дорогъ есть конечно удѣлъ будущаго, а въ настоящее время было бы весьма важнымъ шагомъ для развитія содоваго производства, устройства и той поперечной линіи, которая была проектирована нѣсколько лѣтъ тому назадъ, отъ станціи Звѣрева Воронежско-Ростовской дороги на Никиовскую станцію Харьковско-Ростовской, а равно и устройство вѣтвей отъ Лисичанска на Константиновскую станцію и съ коней, лежащихъ къ Голубовкѣ, на Никитовку. Всѣ эти линіи облегчатъ сбытъ каменнаго угля на Харьковско-Азовскую дорогу и дадутъ возможность имѣть его въ окрестностяхъ Бахмута и Славянска, по цѣнѣ около 7 коп. Цѣна 7 коп. за пудъ составляетъ приблизительно 17 фр. за тонну, и, слѣдовательно, есть цѣна довольно высокая, но тѣмъ не менѣе, я привожу и ее съ нѣкоторой осторожностью. Дѣло въ томъ, что на многихъ рудникахъ Донецкаго бассейна исчисляють стоимость добычи не въ 5—6 коп., а въ 10—11 коп. за пудъ. Я не берусь здѣсь опредѣлить точно причины этого явленія, но думаю, что оно зависитъ главнѣйше оттого, что производительность этихъ рудниковъ не соответствуетъ тѣмъ затратамъ, которыя въ нихъ сдѣланы на предварительныя работы, и что, такимъ образомъ, накладные расходы ложатся чувствительно на цѣну угля. Можетъ быть тутъ вліяютъ и другія причины. Но этому наше содовое производство вѣроятно не съ разу можетъ рассчитывать на уголь въ 5—6 коп. за пудъ, даже и въ томъ случаѣ, если соль будутъ возить къ углю (а не наоборотъ). Но цѣна въ 5—6 коп., конечно, не представляетъ крайняго предѣла дешевизны. Условія, при которыхъ каменный уголь является въ Донецкомъ бассейнѣ, а именно удовлетворительная толщина пластовъ, незначительная глубина, на которой онѣ залегаютъ, отсутствіе большого количества сыпучихъ и плавучихъ породъ, — все это даетъ намъ право надѣяться, что добыча тамъ угля можетъ весьма скоро значительно удешевиться.

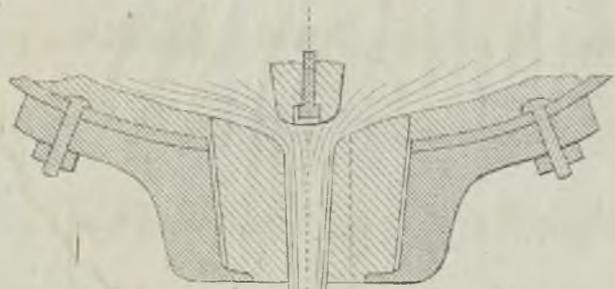
Третье важное условіе для развитія содоваго производства въ Россіи,

было бы открытіе мѣсторожденій колчедана или сѣры. Сколько мнѣ извѣстно, нѣтъ причинъ сомнѣваться въ возможности ихъ нахожденія въ Донецкомъ бассейнѣ, а слѣдовательно стараться найти ихъ слѣдуетъ. Смѣю думать, что горное вѣдомство, благоразумной инціативѣ котораго наша промышленность такъ много обязана, не отказалось бы оказать и въ этомъ случаѣ свое содѣйствіе, если техническое общество признаетъ это полезнымъ.

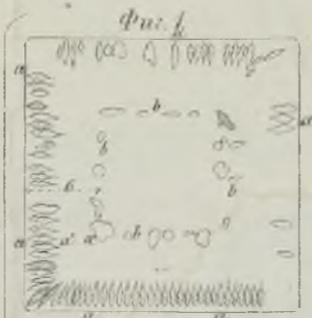
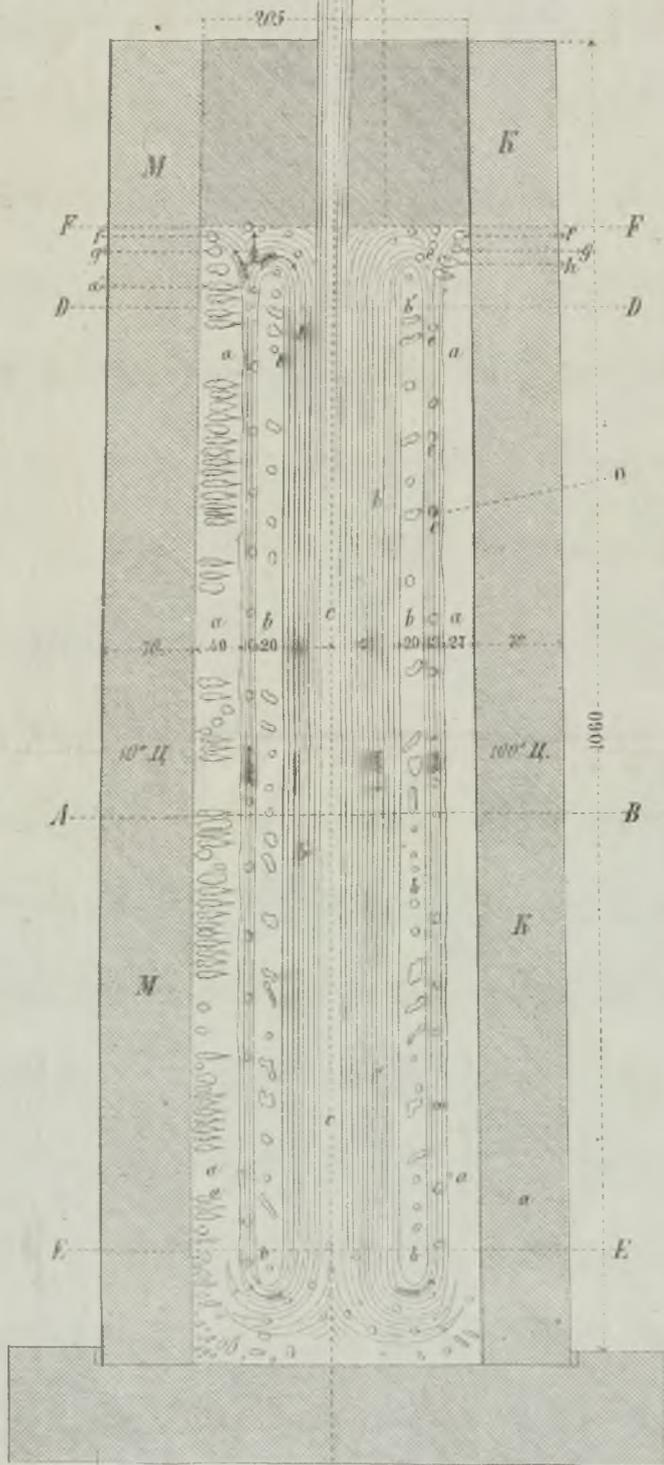
Накопецъ, не подлежитъ сомнѣнію, что водворенію у насъ содоваго производства на прочныхъ началахъ въ скорѣйшемъ времени должно пособить само правительство. Въ виду важности, которую содовое производство имѣетъ для различныхъ отраслей технической промышленности каждой страны, мнѣ кажется, нѣкоторое поощреніе со стороны правительства необходимо. Сколь ни благоприятны условія для развитія содоваго производства въ Донецкомъ бассейнѣ, все таки цѣны сырыхъ матеріаловъ тамъ, по крайней мѣрѣ въ настоящее время, значительно выше, чѣмъ въ главнѣйшихъ промышленныхъ округахъ Англій, Франціи и Бельгіи. Такъ, извѣстно, что въ Англій содовые фабриканты долгое время пользовались углемъ по 5 фр., солью по 9 фр. и сѣрой въ колчеданахъ приблизительно по 100 фр. за тонну¹⁾; цѣны эти, за исключеніемъ для угля, приблизительно справедливы и въ настоящее время. Намъ же Донецкій бассейнъ достигнетъ подобной дешевизны сырыхъ матеріаловъ конечно не скоро. Но, кромѣ высокихъ цѣнъ сырыхъ матеріаловъ, содовому производству въ Донецкомъ бассейнѣ придется бороться еще со многими другими препятствіями, неразлучными съ устройствомъ всякаго новаго дѣла. По этому попытки устройства содоваго производства въ Донецкомъ бассейнѣ, мнѣ кажется, заслуживаютъ непосредственной поддержки, конечно, если основное положеніе мое, — что для развитія содоваго производства въ обширныхъ размѣрахъ, Донецкій бассейнъ имѣетъ не обходимые задатки, — справедливо. Я не беру въ настоящую минуту опредѣлять ни тогъ способъ поддержки, который окажется наиболѣе цѣлесообразнымъ, ни самый размѣръ ея. Возвышеніе тарифныхъ пошлинъ есть мѣра болѣе общія и радикальная, чѣмъ всякая другая; но, я знаю, что въ нашемъ обществѣ подобныя мѣры пользуются столь малымъ сочувствіемъ, что не стану доказывать необходимость ихъ въ настоящемъ случаѣ. Съ общей точки зрѣнія не подлежитъ сомнѣнію, что всякое государство должно стремиться къ свободной торговлѣ; но, спрашивается, всѣ ли страны одинаково подготовлены для нея? Нельзя однако же не замѣтить, что если споры за и противъ свободной торговли имѣли существенное значеніе для Россіи нѣсколько лѣтъ тому назадъ, то возбуждать ихъ въ настоящую минуту, — было бы по меньшей мѣрѣ несвоевременно. Иритомъ, возвышеніе тарифа есть мѣра несомнѣнно удобная для временнаго поддержанія производства, уже существующаго а не для водворенія новаго. Въ средѣ промышленнаго класса каждаго государства всегда найдется нѣсколько такихъ лицъ, кото-

¹⁾ Тонна колчедана въ 46%, содерж. сѣры стоитъ 46 фр. 10 сант.

рия, руководясь знаніемъ и расчетомъ, рѣшаются задолжить капиталъ въ новое производство; но масса, въ большинствѣ случаевъ, руководится примѣромъ. Далекое ли то время, когда у насъ писали противъ пользы желѣзныхъ дорогъ, а на каменный уголь и желѣзныя руды не обращали вниманія, и даже самый вопросъ о возможности выплавки чугуна на каменномъ углѣ считали нужнымъ обсуживать и разрѣшать съ технической стороны. Только тогда, когда общество убѣдилось, что посредствомъ этихъ рудъ и угля можно дѣйствительно получить чугунъ, стали болѣе обращать на нихъ вниманія и стараться развѣдывать ихъ мѣсторожденія. Слѣдовательно—положить начало, показать примѣръ, есть важное условіе. Въ виду этого, оказать поддержку начинающемуся предпріятію—казалось бы вполне справедливымъ. Наше правительство, столь внимательное къ интересамъ промышленности, не отказывалось и отъ подобныхъ поддержекъ; но именно результаты этихъ мѣръ и заставляютъ меня воздерживаться отъ примѣненія ихъ къ производству соды. Припомнимъ, къ чему привели тѣ привилегіи, которыя были даны нѣкоторымъ лицамъ для разработки нефти на Кавказѣ. Льготный срокъ истекъ въ безсильной борьбѣ съ отсутствіемъ дорогъ, немѣнѣемъ посуды, неустройствомъ перегоночнаго завода и, въ концѣ концовъ, лица, пользовавшіяся привилегіею не нажились, а самое водвореніе нефтянаго производства запоздало нѣсколькими годами. Я впрочемъ этимъ вовсе не хочу сказать, чтобы та фаза, въ которую вступилъ теперь нефтяной промыселъ, была вполне нормальна. Весьма вѣроятнo, что существованіе этой промышленности было бы болѣе обезпечено при конкуренціи въ производствѣ добычи сырой нефти, а не при монополіи ея. Съ другой стороны, можно допустить, что тѣ льготы, которыя были даны Юзу, принесли полезные результаты. А priori—это совершенно вѣрно, но посмотримъ тѣ слѣдствія, къ которымъ приводитъ попудная плата, дарованная ему на 10 лѣтъ. Ясно, что еслибъ кто нибудь, руководясь примѣромъ Юза, захотѣлъ устроить чугуно-плавильный заводъ при условіяхъ, подобныхъ тѣмъ, какія существуютъ у него, то, не имѣя попудной платы, онъ будетъ имѣть въ заводѣ Юза весьма солиднаго конкурента. Отсюда являются домогательства о дарованіи подобныхъ же субсидій другимъ заводамъ, или соотвѣтственной гарантіи акцій и облигацій, выпускаемыхъ кампаніями, приступающими къ ихъ постройкѣ. Если правительство не признастъ возможнымъ уступить этому требованію, то ясно, что примѣръ водворенія у насъ желѣзнаго производства на югѣ Россіи будетъ стоить намъ нѣсколькихъ лѣтъ замедленія дальнѣйшаго его развитія. Я впрочемъ не смѣю оспаривать безусловно пользу этихъ мѣръ и возможность ихъ примѣненія къ содовому производству, для скорѣйшаго его водворенія на югѣ Россіи. Во всякомъ случаѣ я надѣюсь, что техническое общество мнѣ позволитъ представить ему докладъ по этому предмету, когда большее знакомство съ промышленными условіями юга Россіи, дастъ мнѣ возможность придти къ болѣе положительнымъ выводамъ.



Фиг. 1.
Разрѣзъ воды оси болванки.



Фиг. 2.



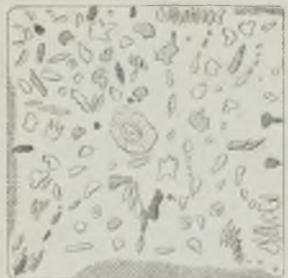
Фиг. 3.



Фиг. 4.



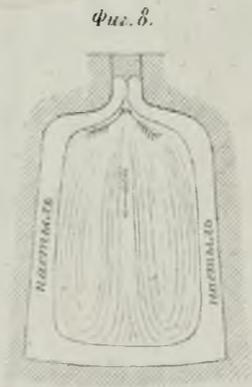
Фиг. 5.



Болванка пережженнаго металла.



Фиг. 6.
Вертикальный разрѣзъ болванки въ натуральную величину.

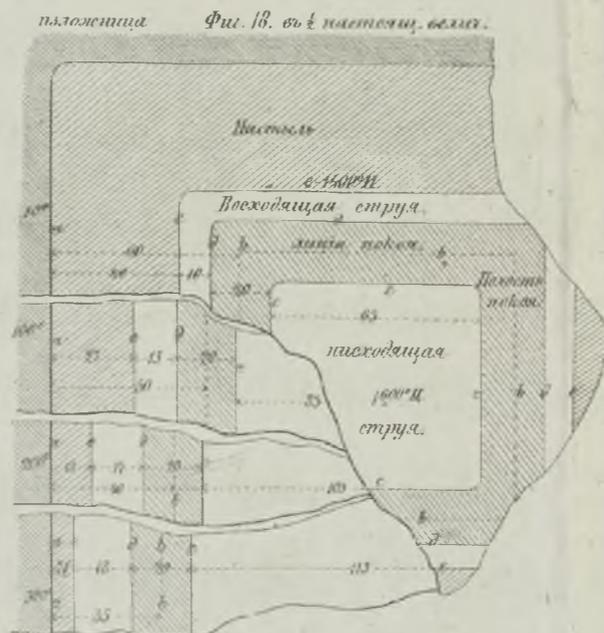


Фиг. 8.



Фиг. 9.

Въ 3 раза болше настоящей воды величины.



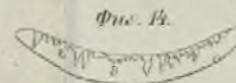
позолотца Фиг. 10. въ 4 натуральной велич.



Фиг. 11.



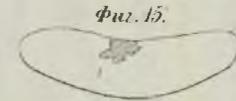
Фиг. 12.



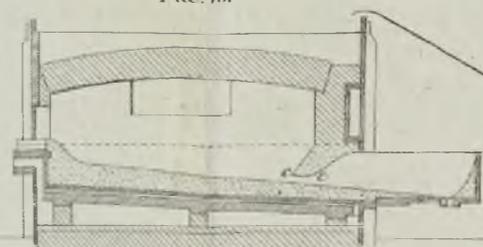
Фиг. 14.



Фиг. 13.

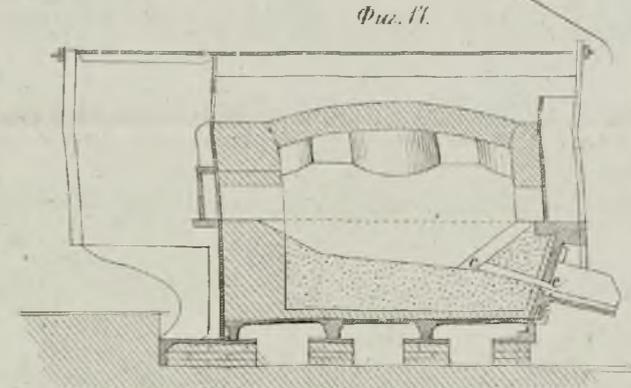


Фиг. 15.



Фиг. 16.

въ 1/30 натуральной величины.



Фиг. 17.