ИЗВѢСТІЯ
Томскаго Технологическаго Института Императора Николая II.
т. XXIV. 1911. № 4.

Аутогенная сварка желѣза.

Т. И. Тихоновъ.

(Съ 5 табл.).

Аутогенная сварка желѣза за послѣднее десятилѣтіе все шире и шире начинаетъ примѣняться для различныхъ котельныхъ работъ. Предварительное оплавленіе металла въ мѣстѣ стыка производится или при помощи электрическаго тока [1]) или при помощи паяльной трубки. Въ послѣднемъ случаѣ рабочій, направляя струю горящаго газа паяльной трубки на мѣсто стыка, оплавляетъ металлъ на кромкахъ стыка и, какъ только частицы оплавленнаго металла соединятся между собою и заполнятъ швъ, рабочій немедленно прекращаетъ дѣйствіе паяльной трубки, даетъ шву медленно охладиться и только въ нѣкоторыхъ случаяхъ, когда кромки шва скошены на усъ, и при работѣ съ двумя паяльными трубками съ обѣихъ сторонъ шва, послѣдній для болѣе тѣснаго соприкосновенія кромокъ шва подвергается слабой обработкѣ молоткомъ.

По роду употребляемаго газа паяльныя трубки бываютъ: водородныя, ацетиленовыя, съ примѣненіемъ свѣтильнаго газа или паровъ бензина. Во всѣхъ этихъ трубкахъ газъ смѣшивается съ кислородомъ, но газъ всегда находится въ значительномъ избыткѣ, дабы работающее пламя имѣло ярко возстановительный характеръ. Кислородъ необходимый для подобныхъ работъ съ паяльными трубками обыкновенно доставляютъ въ почти чистомъ сгущенномъ видѣ при давленіи 140—150 атмосферъ въ особыхъ металлическихъ баллонахъ. (Обычно такой сгущенный кислородъ содержитъ 96% и 4% N). Баллоны снабжены редукціоннымъ клапаномъ, и кислородъ, пройдя его, обычно поступаетъ въ паяльную трубку съ давленіемъ отъ 1/2 до 2 атмосферъ. Чистый кислородъ для означенныхъ цѣлей въ послѣднее время добывается по способу Линде изъ воздуха, т. е. путемъ дробной пере-

[1]) Подробно этотъ способъ сварки желѣза разсмотрѣнъ мною въ статьѣ: „Нагрѣваніе металловъ при помощи электричества“ въ журналѣ „Инженеръ“ за 1905 г.

гонки жидкаго воздуха, основанной на разницѣ въ 32°С въ точкахъ кипѣнія жидкаго кислорода и азота [1]).

Въ качествѣ горящаго газа въ паяльныхъ трубкахъ при аутогенной сваркѣ желѣза главнымъ образомъ употребляется водородъ и ацетиленъ, какъ газы съ наиболѣе высокой температурой горѣнія; свѣтильный газъ и пары бензина наиболѣе часто употребляются для сварки наиболѣе легкоплавкихъ металловъ чѣмъ желѣзо или для желѣза до $4^{m}/_{m}$ толщины. Водородъ для означенныхъ паяльныхъ работъ доставляется въ особыхъ металлическихъ баллонахъ въ сгущенномъ видѣ съ давленіемъ 140—150 атмосферъ и въ паяльную трубку поступаетъ изъ баллона черезъ редукціонный клапанъ съ давленіемъ до $^{1}/_{2}$—2 атмосферъ. Водородъ добывается какъ побочный продуктъ многихъ химическихъ процессовъ или электролитическимъ разложеніемъ воды, но полученные продукты разложенія воды не могутъ итти непосредственно для паяльныхъ работъ, а количество водорода должно быть увеличено такъ, чтобы въ паяльной трубкѣ отношеніе газовъ водорода къ кислороду было бы близкимъ 4 : 1, ибо при такомъ отношеніи смѣси газовъ пламя, имѣя возстановительный характеръ и развивая температуру горѣнія около 1900°С, можетъ дать хорошій плотный шовъ. Смѣшиваніе газовъ обычно происходитъ въ особой полости наконечника паяльной трубки, куда газы подаются по резиновымъ рукавамъ изъ баллоновъ. Кислородъ поступаетъ подъ болѣе высокимъ давленіемъ въ полость паяльной трубки, вслѣдствіе чего интенсивно засасываетъ водородъ и, тщательно перемѣшавшись съ нимъ, поступаетъ къ паяльному отверстію самой паяльной трубки. Для предупрежденія могущихъ быть при работахъ взрывовъ съ подобными паяльниками необходимо выводныя отверстія дѣлать съ такимъ сѣченіемъ, чтобы скорость сгоранія (т. е. скорость распространенія процесса горѣнія готовой смѣси) была бы меньше скорости истеченія для предупрежденія обратнаго поступленія пламени въ горѣлку. За послѣднее время для смѣшиванія водорода и кислорода устраиваютъ особый резервуаръ до паяльной трубки, въ которую смѣшанный газъ общимъ резиновымъ рукавомъ поступаетъ изъ такого резервуара.

Водородное пламя употребляется обычно на практикѣ для паяльныхъ работъ вслѣдствіе своей значительной дороговизны въ сравненіи съ ацетиленовымъ сравнительно рѣдко, обычно тамъ, гдѣ подобныя работы носятъ временный, періодическій характеръ, и постоянная ацетиленовая установка не можетъ окупиться.

[1]) Подробно принципъ и устройство прибора для добыванія жидкаго кислорода по способу Линде разсмотрѣнъ въ статьѣ: „Сжиженіе воздуха и его примѣненіе для полученія кислорода и азота“. Вѣстникъ О-ва технологовъ. № 4. 1910 г.

Разницу въ стоимости эксплоатаціи водородной и ацетиленовой аутогенной сварки легко можно уловить изъ слѣдующей таблицы [1]).

Таблица листовъ, въ m/m	АЦЕТИЛЕНЪ и КИСЛОРОДЪ.			ВОДОРОДЪ и КИСЛОРОДЪ.		
	Часовая производительность въ метрахъ.	Стоимость газа въ часъ работы въ маркахъ.	Стоимость погоннаго метра пайки въ маркахъ.	Часовая производительность въ метрахъ.	Стоимость газа въ часъ работы въ маркахъ.	Стоимость погоннаго метра пайки въ маркахъ.
1	12	0,355	0,03	10	1,015	0,10
2	8	0,615	0,08	6	1,48	0,25
3	6	0,945	0,16	4	2,31	0,58
4	5½	1,35	0,25	3½	3,885	1,11
5	5	1,35	0,27	3	5,55	1,85
6	4½	2,10	0,47	2½	7,59	3,00
7	4	2,10	0,525	2½	9,14	3,65
8	3½	3,01	0,81	2	10,15	5,08
9	3	3,01	1,00	1½	10,95	7,30
10	2½	3,90	1,56	1½	11,50	7,70

Редукціонный вентиль-манометръ для кислорода привинчивается къ отростку вентиля, имѣющагося на кислородной бутыли, помощью приложенной соединительной гайки *а* фиг. 1 таб. *A*. По открытіи запорнаго вентиля бутыли кислородъ устремляется сквозь узкій каналъ *б* въ редукторъ, причемъ кислородъ входитъ въ редукторъ лишь по выдвиганіи штифта *и* (запирающаго каналъ *б*) изъ его гнѣзда. Манометръ *д*, соединенный непосредственно съ каналомъ *б*, указываетъ давленіе кислорода, выходящаго изъ бутыли. Редуцированіе высокаго давленія кислорода, выходящаго изъ бутыли, производится рычагомъ *е*, который, благодаря большому или меньшему давленію пружины *ф*, нажимаетъ на штифтъ *и* и запираетъ каналъ *б*; пружина *ф* работаетъ отъ нажимнаго винта *г*; когда пружина *ф* совсѣмъ разгружена, то она прижимаетъ лежащую по другую сторону рычага пружину *х* къ рычагу *е* и штифту *и* такъ, что въ пространство *і* кислородъ совершенно не можетъ проникнуть. Какъ уже сказано благодаря нажатію на пружину *ф*, штифтъ *и* выходитъ изъ своего гнѣзда, вслѣдствіе чего кислородъ и получаетъ доступъ въ пространство *і*; это же послѣднее отдѣлено отъ пространства *к* каучуковой мембраной *л*. Давленіе кислорода въ пространствѣ *і* передается на мембрану *л* и уравновѣшивается, т. е. устанавливается соотвѣтствующимъ давленіемъ пружины на мембрану *ф* съ другой стороны; такимъ образомъ, рычагъ *е* помощью штифта *и* устанавливаетъ требуемое открытіе канала *б*. Съ пространствомъ *і* помощью канала *м* соеди-

[1]) Zeitschrft für Werkzeugmaschinen und Werkzeuge. 1910. № 6. S 82.

ненъ манометръ, который указываетъ давленіе кислорода, редуцированнаго вышеприведеннымъ способомъ.

Ацетиленъ для работъ съ паяльной трубкой при сваркѣ желѣза не можетъ быть доставленъ въ сжатомъ видѣ, такъ какъ онъ въ такомъ состояніи обладаетъ сильной взрывчатостью; весьма рѣдко также берутъ ацетиленъ для означенныхъ работъ въ растворѣ ацетона, но при этомъ помѣщаютъ въ баллонѣ, наполненномъ какимъ-нибудь пористымъ веществомъ (коксомъ), задерживающимъ въ силу своей капилярности распространеніе взрыва ацетилена. Обычно для добыванія ацетилена недалеко отъ паяльныхъ приборовъ ставятъ особый генераторъ, изготовленный изъ тонкаго котельнаго желѣза. Одинъ изъ такихъ генераторовъ завода Мессеръ и К^0 Франкфуртъ ^{на}/М изображенъ на фиг. 2 таб. *A*.

Генераторъ состоитъ изъ газообразователя, воднаго бассейна 1, къ которому приклепанъ газособиратель 2 съ газовымъ колоколомъ 3.

Къ генератору нужно еще присоединить газоочиститель 4; при этомъ нужно обратить вниманіе на то, чтобы выпускной кранъ 5 между генераторомъ и очистителемъ былъ установленъ на мѣсто, дабы при новой загрузкѣ очистительнои массы содержащееся въ газособирателѣ небольшое количество газа могло быть посредствомъ этого крана выпущено.

Газособиратель 2 наполняютъ водой, вливая ее въ пространство между стѣнками газособирателя и газоваго колокола 3 до уровня, который отстоялъ бы отъ краевъ газособирателя на 100 мм. При наполненіи водой нужно держать открытыми оба крана, находящіеся до и послѣ газоочистителя, дабы находящійся въ газовомъ колоколѣ воздухъ могъ свободно выходить. Если впослѣдствіи въ газовомъ колоколѣ будетъ содержаться газъ, то уровень воды приподнимается до высоты, отстоящей отъ краевъ газособирателя на 20—30 мм.

По завинчиваніи крана для спуска осадковъ бассейнъ газособирателя 1 наполняется водой до уровня, отстоящаго отъ краевъ газообразователя на 150 мм. Карбидный резервуаръ 9 долженъ быть вынутъ изъ газообразователя во время его наполненія водой.

Если въ газоочистителѣ нѣтъ очистительной массы, то нужно снять его крышку, наполнить его этой массой и вновь привинтить крышку. Чаще всего заводомъ отправляется очиститель, наполненный массой.

Послѣ всѣхъ этихъ предварительныхъ работъ наполняютъ карбидомъ карбидный резервуаръ; для наполненія ставятъ резервуаръ отверстіемъ вверхъ, приподнимаютъ ведущую штангу вверхъ и отво-

дятъ ее въ сторону, послѣ чего вынимаютъ донышко 7 и конусный клапанъ 8. Затѣмъ, наполняютъ карбидомъ все пространство 9 до дна 10 и вставляютъ карбидный клапанъ (конусную пробку 8) на мѣсто, а также донышкомъ 7 и зажатіемъ клапаннаго стержня 8 въ муфту ведущей штанги 6 замыкаютъ карбидный резервуаръ. Держа рукоятки карбиднаго резервуара 11 и ведущей штанги соединенными въ рукѣ, опускаютъ резервуаръ отверстіемъ внизъ и нѣсколько разъ встряхиваютъ. Рукоятку 6 необходимо прижимать къ рукояткѣ 11, дабы карбидъ въ пространствѣ 9 не могъ попасть въ нижнюю часть карбиднаго резервуара, благодаря чему при подвѣшиваніи резервуара въ газообразователѣ устраняются потери въ газѣ.

Карбидный резервуаръ подвѣшивается къ газособирателю посредствомъ двухъ крюковъ къ желѣзу 12. При этомъ подвѣшиваніи все еще необходимо держать клапанъ 8 закрытымъ, а нижнюю часть резервуара подводить къ газособирателю такимъ образомъ, чтобы газонаправляющій желобъ 13 подошелъ подъ вогнутое днище газособирателя. Тогда лишь опускаютъ медленно ведущую штангу 6, т. е. такимъ образомъ, медленно открываютъ впускной карбидный клапанъ 8.

Газообразованіе начинается. Развивающійся ацетиленъ вытѣсняетъ изъ генератора воздухъ, который (какъ выше указано) имѣетъ свободный выходъ сквозь открытый кранъ, находящійся за газоочистителемъ. Затѣмъ при появленіи рѣзкаго запаха ацетилена вновь прижимаютъ клапанъ 8 на мѣсто и кранъ 5 (по пути отъ генератора къ очистителю) запираютъ; поперемѣннымъ опусканіемъ и подъемомъ штанги 6 получаютъ газъ до тѣхъ поръ, покуда не начнетъ подниматься газовый колоколъ, и ведущая штанга сама по себѣ остановится неподвижно въ верхнемъ положеніи.

Весь газовый колоколъ со всѣхъ сторонъ герметически закрытъ; лишь на высотѣ нѣсколькихъ сантиметровъ нижняя часть карбиднаго резервуара заполнена водой, т. к. стѣнки газонаправляющаго желоба 13 продырявлены.

Въ моментъ открытія карбиднаго клапана изъ верхняго пространства резервуара карбидъ падаетъ въ нижнюю часть, наполненную водою, и тогда начинается газообразованіе. Ацетиленъ устремляется сквозь отверстія продырявленнаго донышка 7, по направляющему желобу 13 и подъ днищемъ газособирателя черезъ трубу 14 въ газовый колоколъ 3. Какъ видно изъ чертежа, газъ долженъ на высотѣ нѣсколькихъ сантиметровъ пройти сквозь воду газособирателя, т. к. газовыводныя отверстія въ поплавкѣ 15 находятся подъ уровнемъ воды. Такимъ образомъ созданъ водяной затворъ, препятствующій об-

ратному выходу газа въ газообразователь. Вслѣдъ за подъемомъ газоваго колокола поднимается также и поплавокъ 15 и увлекаетъ за собою плотно соединенную съ нимъ регулирующую штангу 16. Эта штанга подтягиваетъ ведущую штангу 6, зажимая ее къ донышку резервуара и замыкая такимъ образомъ карбидный клапанъ 8. По израсходованіи же газа газовый колоколъ опускается, нажимаетъ на поплавокъ и опускаетъ связанную съ поплавкомъ регулирующую штангу 16; ведущая штанга освобождается, опускается внизъ и клапанъ 8 открывается. Падаетъ новая порція карбида въ воду, и вслѣдствіе новаго газообразованія колоколъ поднимается вмѣстѣ съ поплавкомъ и запираетъ карбидный клапанъ.

Благодаря описаннымъ поперемѣннымъ опусканіямъ и подъемамъ газоваго колокола и связаннаго съ нимъ поплавка, происходитъ во время работы генератора поперемѣнное отпираніе и запираніе карбиднаго впускного клапана, т. е. газопроизводство идетъ по мѣрѣ потребленія газа.

Поперемѣнныя движенія газоваго колокола направляются осью, ведущимъ стоякомъ 18 и предохранительной трубкой 17. На тотъ случай, еслибы газа получилось въ количествѣ, несоотвѣтствующемъ емкости колокола, устроена эта предохранительная трубка 17, черезъ которую излишній газъ можетъ выйти наружу, предупреждая выходъ самаго колокола изъ воды въ виду того, что предохранительная трубка короче высоты боковыхъ стѣнъ колокола, вслѣдствіе чего она выходитъ въ газовое пространство (за предѣлы уровня воды) раньше, чѣмъ стѣнки колокола.

Въ помѣщеніи для генератора необходимо надъ трубкой 17 устраивать вентиляціонную трубу, которая выводила бы излишне выходящій газъ безопасно въ наружное пространство; полученіе излишняго газа объясняется лишь малымъ расходованіемъ его работающими паяльниками.

Во всякое время можно наполнять аппаратъ карбидомъ, т. е. даже въ томъ случаѣ, когда не весь карбидъ, находившійся въ резервуарѣ, израсходовался. По вѣсу резервуара всегда можно устанавливать, много или мало въ немъ содержится карбида.

Для того, чтобы наполнить резервуаръ карбидомъ, необходимо вынуть его изъ газообразовательнаго бассейна 1, держа рукоятку 8 и штанговую рукоятку 6 сомкнутыми, дабы конусный клапанъ 10 былъ бы закрытъ, и карбидъ не могъ бы падать въ воду; нижнюю часть резервуара, газонаправляющій желобъ 13, нужно отвести предварительно изъ подъ днища и лишь затѣмъ вынимать резервуаръ.

По извлеченіи резервуара наружу таковой опрокидываютъ, отводятъ ведущую штангу 6 въ сторону и вынимаютъ донышко 7 и клапанъ 8. Тщательно очищаютъ сухой тряпкою всю нижнюю часть резервуара отъ известковыхъ остатковъ карбида и особенно внутренія поверхности самаго клапана 8 и воронки 10. При чистомъ содержаніи этихъ послѣднихъ генераторъ работаетъ наиболѣе безупречно. Затѣмъ насыпаютъ карбидъ въ резервуаръ. и, какъ выше указано, пускаютъ генераторъ въ дѣйствіе. Если въ газовомъ колоколѣ газъ еще оставался въ моментъ пуска генератора въ дѣйствіе, то по освобожденіи штанги 6 таковая не опускается, и карбидный клапанъ 8 остается закрытымъ.

Послѣ 5—6 загрузокъ карбидомъ въ газообразователѣ образуется много известковыхъ остатковъ и пѣны, что становится замѣтнымъ даже въ нижней части карбиднаго резервуара по его извлеченіи изъ газообразователя; въ этомъ случаѣ необходимо, открывъ спускной кранъ у газообразователя, выпустить изъ него воду и замѣнить ее свѣжей, наливъ таковую, какъ выше указано, до уровня, отстоящаго миллим. на 150 отъ краевъ газообразовательнаго бассейна

Время отъ времени необходимо обращать вниманіе на высоту уровня воды въ газособирателѣ, а именно: при наличности воды въ газовомъ колоколѣ уровень воды въ газособирателѣ долженъ отстоять отъ его краевъ миллим. на 30.

Работоспособность аппарата, какъ видно изъ предыдущаго, зависитъ главнымъ образомъ отъ окружающей его чистоты и тщательности ухода, а посему является желательнымъ, каждые 2—3 года подвергать аппаратъ полной разборкѣ и основательной чисткѣ, а также окраскѣ.

Ацетиленъ изъ генератора резиновымъ рукавомъ доставляется къ паяльникамъ и здѣсь, смѣшавшись съ кислородомъ, поступающимъ къ паяльникамъ также изъ своего баллона резиновымъ рукавомъ,—воспламеняется. Паяльники подобнаго назначенія довольно однообразны по конструкціи. Такъ на фиг. 3 таб. *A* изображенъ паяльникъ вышеназваннаго завода. Какъ видно изъ чертежа, впускъ обоихъ газовъ въ паяльникъ производится однимъ общимъ краномъ. Кислородъ проходитъ черезъ трубку *а*, сопло *б* въ смѣсительную камеру *д*; ацетиленовый газъ проходитъ черезъ промежуточный между трубками *а* и *ц* каналъ и прорѣзы *ф* къ устью сопла *б*; здѣсь выходящая изъ сопла струя кислорода, подобно инжектору, увлекаетъ съ собой ацетиленовый газъ въ смѣсительную камеру *д*; отсюда смѣсь газа выходитъ черезъ наконечникъ и зажигается для полученія сварочнаго пламени.

При совершенно открытомъ кранѣ получается длинное пламя; оно укорачивается до длины въ 6—10 *mm* запираніемъ общаго для обоихъ крановъ запорнаго крана.

Во время работы съ паяльникомъ конецъ послѣдняго можетъ закупориться, и выходъ газа можетъ прекратиться. При такихъ условіяхъ кислородъ, какъ поступающій подъ болѣе высокимъ давленіемъ, нежели ацетиленъ, можетъ проникнуть въ колоколъ генератора для ацетилена и образовать съ послѣднимъ взрывчатую смѣсь. Чтобы воспрепятствовать соединенію ацетилена съ кислородомъ помимо полости паяльника употребляются паяльники особой конструкціи, у которыхъ ацетиленъ въ тѣлѣ паяльника проходитъ черезъ рядъ капилярныхъ трубокъ и послѣ соединяется съ кислородомъ; подобныя капилярныя трубки препятствуютъ распространенію взрыва ацетилена. Фиг. 4 таб. *A* изображаетъ паяльникъ подобной конструкціи завода Шумахера.

Ацетиленъ поступаетъ по трубкѣ *A*. Нерѣдко съ означенной же цѣлью въ паяльникахъ на отверстіе канала для ацетилена ставятъ обратный клапанъ. Фиг. 5 таб. *A*. Наконецъ нерѣдко для преграждения доступа кислорода въ колоколъ съ ацетиленомъ на трубопроводѣ ацетилена ставятъ водяной затворъ, играющій роль предохранителя на случай взрыва. Фиг. 6 таб. *A* поясняетъ устройство этого прибора: ацетиленовый газъ протекаетъ по трубкѣ *a*, которая нижней своей частью погружена въ воду, и сквозь эту послѣднюю попадаетъ въ пространство *б*. Каучуковый рукавъ, ведущій газъ къ паяльнику, присоединяется къ верхнему крану *и*; нижній же кранъ *д* является водомѣрнымъ для указанія уровня воды въ приборѣ,—вода должна стоять въ приборѣ на уровнѣ этого крана. Въ воду вставлена вторая трубка *е*, которая входитъ нижнимъ своимъ концомъ въ сосудикъ *ф* (верхняя крышка сосуда *ф* нѣсколько ниже уровня воды) и вверху заканчивается открытой воронкой. Какъ только наступитъ вышеуказанный случай, т. е. въ генераторъ устремится изъ рукава кислородъ, то онъ, попавъ въ пространство *б*, вытѣснитъ воду изъ трубки *а* и *е*. Возрастающимъ давленіемъ вода начнетъ вытѣсняться изъ сосудовъ *б* и *ф* черезъ трубку *е*, благодаря чему трубка *е* наружу откроется и дастъ свободный проходъ наружу устремляющемуся кислороду. Между тѣмъ однако въ трубкѣ *а* вода поднимается столь высоко, что образуетъ вѣрный затворъ для генератора. Какъ только давленіе въ пространствѣ *б* снова понизится, вода, заключающаяся въ выпускной воронкѣ, а также въ трубкѣ *а*, обратно притечетъ въ сосудъ *ф* и *б*, и нормальное состояніе воды возстановится при нор-

мальномъ давленіи. Такое же давленіе будетъ имѣть мѣсто и въ томъ случаѣ, если въ пространствѣ *б* возникаетъ взрывъ. Описаннымъ водянымъ затворомъ достигается совершенное предохраненіе генератора отъ взрыва.

Въ послѣднее время при многихъ котельныхъ работахъ широко примѣняется газовое рѣзаніе металла. Принципъ газоваго рѣзанія заключается въ томъ, что, если къ раскаленному до температуры плавленія желѣзу (или стали) подвести струю чистаго кислорода, то эта послѣдняя, окисляя и сжигая матеріалъ, при своемъ передвиганіи по желѣзу разрѣзаетъ его, какъ пила. Изображенный на фиг. 7 таб. *А* приборъ для рѣзанія устроенъ слѣдующимъ образомъ: кислородъ вступаетъ въ приборъ *г*, проходитъ черезъ трубку *б* и наконечникъ *д*.

Здѣсь кислородъ задерживается помощью конуснаго клапана *ж*, запирающаго каналъ *і*, благодаря соотвѣтствующему нажатію на рычагъ *н*. Черезъ каналъ *к* при открытомъ кранѣ *л* проходитъ тонкая струя кислорода, увлекающая съ собой въ смѣсительную камеру *м* тотъ ацетиленовый газъ, который вступивъ въ приборъ въ *а*, и пройдя въ промежуточномъ пространствѣ между трубками *б*, *ц* и каналомъ *е*, поступаетъ къ рѣжущему соплу *ф*. Выходящая изъ наконечника прибора газовая смѣсь зажигается и полученнымъ конусомъ пламени подогрѣвается разрѣзаемое желѣзо до температуры плавленія. Немедленно по достиженіи такого нагрѣва поднимаютъ соотвѣтствующимъ нажатіемъ на рычагъ *н* клапанъ *ж* изъ его гнѣзда, и чистый кислородъ устремляется къ нагрѣтому мѣсту металла.

Въ струѣ кислорода желѣзо сгораетъ. При дальнѣйшемъ перемѣщеніи прибора мы получаемъ и дальнѣйшее сжиганіе желѣза, а тѣмъ самымъ и его разрѣзаніе. Струя чистаго кислорода должна итти за струей раскаливающаго пламени, дабы всѣ частицы разрѣзаемаго желѣза могли предварительно раскалиться до выпуска рѣжущей кислородной струи.

Регулированіе притока рѣжущей струи кислорода производится помощью соотвѣтственнаго большаго или меньшаго нажатія на рычагъ *н*, т. е. большаго или меньшаго открытія отверстія клапана *к*. Конструкція прибора, рѣжущаго желѣзо толщиной свыше 100 mm и до 300 mm, совершенно тождественна съ описанной.

Изображенный на фиг. 8 таб. *А* разрѣзъ наконечника рѣжущаго прибора съ 2-мя выпускными отверстіями для раскаливающаго ацетилено-кислороднаго пламени показываетъ устройство прибора для рѣзанія во всѣхъ направленіяхъ металла большихъ толщинъ.

Рѣжущіе приборы подобной конструкціи могутъ работать и на

водородномъ пламени съ соотвѣтствующими измѣненіями въ сѣченіяхъ выводныхъ отверстій паяльника.

Что касается до самаго хода процесса аутогенной сварки, то онъ въ общихъ чертахъ заключается въ слѣдующемъ: кромки свариваемыхъ листовъ до сварки тщательно пригоняютъ другъ къ другу и эту работу обычно производятъ на станкахъ. Затѣмъ плотно сводятъ другъ съ другомъ свариваемыя кромки листовъ и при помощи двухъ паяльниковъ, одного снизу, а другого сверху, тщательно прогрѣваютъ свариваемый шовъ; прогрѣвъ металла стараются вести возможно равномѣрнѣе, для чего заставляютъ пламя паяльника дѣйствовать на возможно широкій поясъ нагрѣва. Если свариваемые листы толще 8 mm, то ихъ послѣ обработки кромокъ на плотность, но до работъ паяльниковъ предварительно нагрѣваютъ до температуры 400—500° *C*. Когда металлъ въ мѣстахъ стыка листовъ начнетъ плавится, то слабо ударяютъ легкимъ молоткомъ по плоскости шва для большаго уплотненія металла и для болѣе тѣснаго сцѣпленія частицъ разогрѣтаго металла. Плоскость свариваемаго шва листовъ скашиваютъ и накладываютъ одну кромку на другую или соединяютъ кромки въ притыкъ; при толщинѣ же листовъ свыше 10 mm скашиваютъ обѣ кромки свариваемыхъ листовъ такъ, что между ними кверху остается свободный прозоръ съ сѣченіемъ треугольника; тогда этотъ прозоръ заполняютъ мягкимъ шведскимъ желѣзомъ, и въ этомъ мѣстѣ сварка получается нѣкоторое утолщеніе листа. Мягкое желѣзо для заполненія шва въ послѣднемъ случаѣ берется изъ особаго прутка, который держится въ пламени верхняго паяльника. Для полученія большей плотности шва не мѣшаетъ его при высокомъ нагрѣвѣ уплотнять слабыми ударами молотка.

Аутогенная сварка можетъ примѣняться на практикѣ для задѣлки раковинъ и пр. недочетовъ въ чугунныхъ и стальныхъ отливкахъ; заливка въ данномъ случаѣ производятся мягкимъ желѣзомъ аналогично съ послѣднимъ способомъ сварки желѣза, но обязательно исправленію подобныхъ недостатковъ предшествуетъ предварительный нагрѣвъ исправляемыхъ издѣлій.

Что касается расхода ацетилена и кислорода для сварки и рѣзки желѣза, то въ зависимости отъ толщины листовъ расходъ этотъ въ среднемъ выражается въ слѣдующихъ цифрахъ: (см. таб. стр. 11).

Для добыванія одного кубическаго метра ацетилена требуется $3^1/_2$ килограмма карбида кальція. Одинъ килограммъ карбида въ среднемъ стоитъ около 35 копѣекъ. Кислородъ въ стальныхъ бутыляхъ подъ давленіемъ до 125 атмосферъ доставляется въ Россіи по средней цѣ-

Толщина свариваемыхъ листовъ.	Въ часъ можно сварить.	Расходъ газовъ въ часъ.	
		Ацетилена.	Кислорода.
1/8 дюйма.	7 погонныхъ метровъ.	210 литровъ.	280 литровъ.
1/4 »	5 » »	410 »	520 »
1/2 »	2,5 » »	1200 »	1600 »
Толщина разрѣзываемаго желѣза.	Въ часъ можно разрѣзать.	Расходъ газовъ на погон. метръ.	
		Ацетилена.	Кислорода.
1/2 дюйма.	Время, потребное для разрѣзки металла толщиною съ 1/2″ до 4″; измѣняется въ зависимости отъ опытности рабочаго отъ 5 до 10 минутъ на одинъ погонный метръ.	50 литровъ.	140 литровъ.
1 »		150 »	300 »
2 »		250 »	600 »
3 »		300 »	1000 »
4 »		400 »	1500 »

нѣ за 1000 литровъ около 3 руб. 50 коп.

При покупкѣ карбида нужно обращать серіозное вниманіе на чистоту карбида, ибо незначительное содержаніе фосфора въ послѣднемъ весьма скверно вліяетъ на качество получаемаго шва. При хорошемъ чистомъ ацетиленѣ пламя паяльника имѣетъ темносиній цвѣтъ съ ярко ограниченнымъ внутреннимъ бѣлымъ конусомъ. Если же наружная оболочка пламени принимаетъ грязно желтое окрашиваніе, то это служитъ яснымъ признакомъ недостаточной очистки газа, а въ пламени горятъ фосфористо-водородныя соединенія съ образованіемъ кислотъ, и мѣсто сварки вслѣдствіе вліянія фосфора получается холодно-ломкимъ.

Аутогенная сварка желѣза значительно лучше обычной кузнечной и при опытномъ рабочемъ обладаетъ хорошими механическими результатами. На заводѣ Schulz Knaudt въ Эссенѣ аутогенная сварка имѣетъ большое примѣненіе, и для испытанія механическихъ свойствъ ацетиленовой сварки производились широкіе опыты. [1])

[1]) Stahl und Eisen 1909. У. 1814. Журналъ Русскаго Металлургическаго О-ва, № 2, стр. 342.

Особенностью аутогенной сварки и вмѣстѣ съ тѣмъ выгодной стороной ея является возможность полученія утолщеннаго шва, тогда какъ при обыкновенной кузнечной сваркѣ водянымъ газомъ шовъ получается болѣе тонкій, чѣмъ свариваемыя стѣнки.

Благодаря этой особенности аутогенной сварки, обычное механическое испытаніе на разрывъ сваренныхъ образцовъ не даетъ правильнаго представленія о дѣйствительной механической устойчивости свареннаго желѣза. Для механическаго испытанія утолщеніе шва обтачивается, поэтому разрывъ происходитъ всегда по мѣсту сварки. Въ этомъ случаѣ получается пониженное сопротивленіе разрыву и очень малое удлиненіе. Правильнѣе было бы производить испытаніе на разрывъ необточенныхъ образцовъ, и еще лучше производить испытаніе самыхъ сваренныхъ издѣлій.

Изъ котельнаго желѣза въ 15 mm толщиной былъ приготовленъ аутогенной сваркой котелъ (діам. 1200 mm, длина цилиндрической части—1500 mm) съ выпуклыми днищами, причемъ получилось три шва,—одинъ продольный и два поперечныхъ. Котелъ былъ наполненъ водой, давленіе которой было доведено постепенно до 91,5 клг. кв. см. Несмотря на то, что окружность котла въ средней части увеличилась на 6,3%,—никакихъ поврежденій въ немъ не было обнаружено.

Изъ котла послѣ опыта были вырѣзаны, какъ въ мѣстахъ сварки, такъ и въ свѣжихъ мѣстахъ образцы для испытаній на разрывъ; сваренные образцы подвергались испытанію на разрывъ, какъ въ необточенномъ, такъ и въ обточенномъ видѣ.

	Разрыв. ус.			Удлин.
Образцы изъ свѣжихъ мѣстъ дали . . .	39	кгр.	1 кв. mm.	29%
Сваренные образцы необточенные . . .	37	„	„ „	17%
Сваренные образцы, обточенные и разорвавшіеся по мѣсту сварки	36	„	„ „	10%
Сваренные образцы, обточенные, разорвавшіеся не по мѣсту сварки	37	„	„ „	20%

Изъ этихъ цифръ видно, что, во первыхъ, испытаніе котла давленіемъ отразилось болѣе всего на мѣстахъ сварки и что, во-вторыхъ, обточенные и необточенные образцы показываютъ значительную разницу механическихъ свойствъ. Правда, эта разница получается только тогда, когда разрывъ происходитъ по мѣсту сварки; если же разрывъ происходитъ не по мѣсту сварки, то разницы между обточенными и необточенными образцами не наблюдается, какъ видно изъ вышеприведенныхъ цифръ.

Это подтверждаютъ также механическія испытанія сваренныхъ желѣзныхъ листовъ (10. 13, 16, 19 и 22 mm толшиной),—обточенные

и необточенные сваренные образцы даютъ совершенно одинаковыя механическія свойства, если только разрывъ происходитъ не по мѣсту сварки.

Сравнительныя опытныя изслѣдованія надъ сваренными образцами показали, что водородный шовъ прочнѣе ацетиленоваго. Испытательные образцы, сваренные водородомъ, были изготовлены въ лабораторіи химической фабрики Григсгеймъ „Электронъ“ въ Франкфуртѣ, а ацетиленомъ—въ лабораторіи Фуше. Средніе результаты испытаній приведены въ слѣдующей таблицѣ. [5])

	Водородъ.		Ацетиленъ.	
	Цѣльное несваренное желѣзо.	Сваренное желѣзо.	Цѣльное несваренное желѣзо.	Сваренное желѣзо.
Предѣлъ упругости въ килогр. на кв. сантим.	2585	2895	3030	2440
Разрывное усиліе въ килогр. на кв. сантим.	4030	4005	4490	3450
Удлиненіе въ % на длинѣ 80 mm.	27,6	11,2	27,6	4,35

Такимъ образомъ изъ послѣдней таблицы видно, что ацетиленовый шовъ значительно хуже водороднаго въ отношеніи:

Предѣла упругости на . . . 30,5%
Разрывного усилія на 22,3%
Удлиненія на 24,8%

Отсюда видно, что при ацетиленовой сваркѣ разрывное усиліе матеріала уменьшается на 23%, а удлиненіе на 84%; при водородной сваркѣ разрывное усиліе почти не уменьшается, а удлиненіе падаетъ на 60%.

Механическія свойства аутогенной сварки желѣза въ значительной степени зависятъ отъ опытности и навыка рабочаго, ведущаго процессъ пайки. При слабомъ недосмотрѣ со стороны рабочаго въ швѣ пайки остаются газовыя или шлаковыя пустоты, нерѣдко даже во швѣ остаются непроваренныя мѣста. Такъ фиг. 1, 2, 3 и 4 таб. I даютъ наглядную картину неоднородности аутогеннаго шва ацетиленовой сварки. Всѣ послѣдующіе шлифы также относятся къ ацетиленовой сваркѣ и рѣзкѣ желѣза. Даже въ благопріятномъ случаѣ структура шва характерно отличается отъ структуры соединяемыхъ частей металла.

[5]) Боровичъ. Котельное производство. Стр. 420.

При плохой сваркѣ шовъ изобилуетъ существенными недочетами (фиг. 3). Температура паяльника замѣтно вліяетъ на измѣненіе структуры металла соединяемыхъ листовъ желѣза, и чѣмъ ниже температура пламени, тѣмъ дальше отъ шва измѣняется структура соединяемыхъ частей металла.

Такъ при употребленіи водорода для аутогенной сварки измѣненіе структуры соединяемыхъ частей металла распространяется на большую глубину отъ шва, чѣмъ это наблюдается при ацетиленовомъ пламени, ибо при послѣднемъ температура несравненно выше, вслѣдствіе чего и процессъ идетъ замѣтно быстрѣе, чѣмъ при ацетиленовомъ пламени.

При аутогенной сваркѣ обычно не употребляютъ флюсовъ для удаленія окалины и шлаковъ изъ шва, ибо температура настолько высока, что эти тѣла обычно при пайкѣ находятся въ жидкомъ состояніи и легко удаляются изъ шва. Если же температура при пайкѣ держится сравнительно невысокой, то эти посторнія тѣла (шлакъ и окалина) выдѣляются изъ шва слабо, и ихъ много остается среди частицъ металла въ швѣ.

Послѣднее особенно ярко обнаруживается послѣ невысокаго и непродолжительнаго (около 500^0 *C*) отжига; такъ фиг. 6, 5 таб. II изображаютъ макроструктуру одного изъ такихъ швовъ при ацетиленовой сваркѣ, причемъ разрѣзъ шва фиг. 5 отожженъ, вслѣдствіе чего присутствіе постороннихъ тѣлъ въ швѣ ярко замѣтно.

Фиг. 7 таб. II изображаетъ макроструктуру ацетиленоваго аутогеннаго шва сварки желѣза, неоднородность строенія металла ярко замѣтна и особенно сильно обнаруживается при большомъ увеличеніи на фиг. 8 и 9 таб, II.

Причемъ фиг. 8 ярко указываетъ на значительную твердость металла въ срединѣ шва, фиг. 9 показываетъ переходъ этой структуры въ болѣе мягкую, принадлежащую соединяемымъ частямъ желѣза.

Подобную же весьма твердую структуру показываетъ фиг. 12 таб. III, но относится эта структура къ мѣсту *A* макроструктуры фиг. 6 таб. II. Та же структура, того же разрѣза послѣ отжига изображена на фиг. 13 таб. III; недостатокъ сварки съ большимъ скопленіемъ шлаковъ на послѣднемъ шлифѣ ярко замѣтенъ. Въ мѣстѣ *B* макроструктуры фиг. 6 таб. II структура шва послѣ отжига отличается большей однородностью и чистотой (см. фиг. 14 таб. III). Наконецъ фиг. 15 таб. III изображаетъ не проваренное мѣсто шва послѣ отжига того же разрѣза фиг. 6 таб. II изъ мѣста *C*. Фиг. 16 по 21 таб. IV даютъ яркую картину неоднородности структуры ацетиленова-

го аутогеннаго шва весьма хорошей работы. Структура изъ соединенныхъ частей желѣза вблизи отъ шва, какъ видно на фиг. 18, значительно измѣняется, а металлъ въ этомъ мѣстѣ, какъ это видно по структурѣ, получаетъ легкій закалъ.

Совершенно аналогично съ послѣднимъ случаемъ измѣняется структура желѣза по кромкѣ разрѣза на глубину отъ 3 до 5 mm, какъ это видно изъ фототипіи фиг. 10 и 11 таб. III, причемъ первый шлифъ былъ изготовленъ безъ отжига, а второй съ отжигомъ при температурѣ 600° *C* въ продолженіе 2 часовъ. Какъ видно изъ сравненія двухъ послѣднихъ шлифовъ, металлъ по кромкѣ разрѣза ацетиленовымъ паяльникомъ сильно измѣняетъ свою структуру въ сторону увеличенія твердости, и эту кромку при отвѣтственныхъ котельныхъ работахъ слѣдуетъ на толщину 3—5 mm удалять или въ крайнемъ случаѣ разрѣзанные листы отжигать.

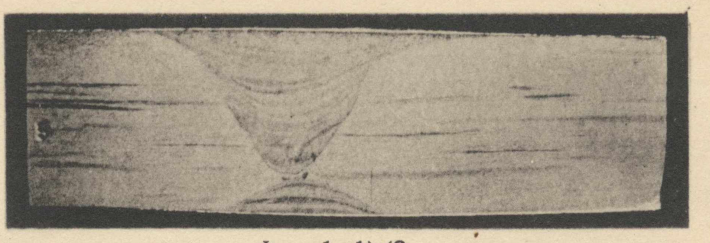
Такимъ образомъ, резюмируя все предыдущее, приходимъ къ слѣдующимъ заключеніямъ относительно аутогенной сварки желѣза:

1. Аутогенная сварка желѣза съ примѣненіемъ водорода или ацетилена при исполненіи ея опытнымъ хорошимъ рабочимъ обладаетъ хорошими механическими свойствами и значительно лучше обычной ручной, кузнечной сварки желѣза

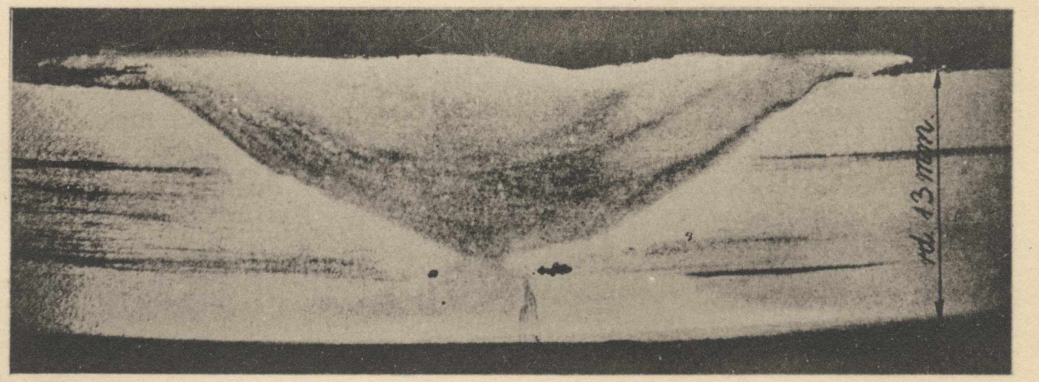
2. Аутогенно-водородный шовъ сварки желѣза значительно лучше въ смыслѣ прочности шва ацетиленоваго при равенствѣ всѣхъ прочихъ условій.

3. При ацетиленовой сваркѣ разрывное усиліе матеріала въ мѣстѣ спайки уменьшается на 23%, а удлиненіе на 84%; при водородной сваркѣ разрывное усиліе—почти не уменьшается, а удлиненіе падаетъ на 60%.

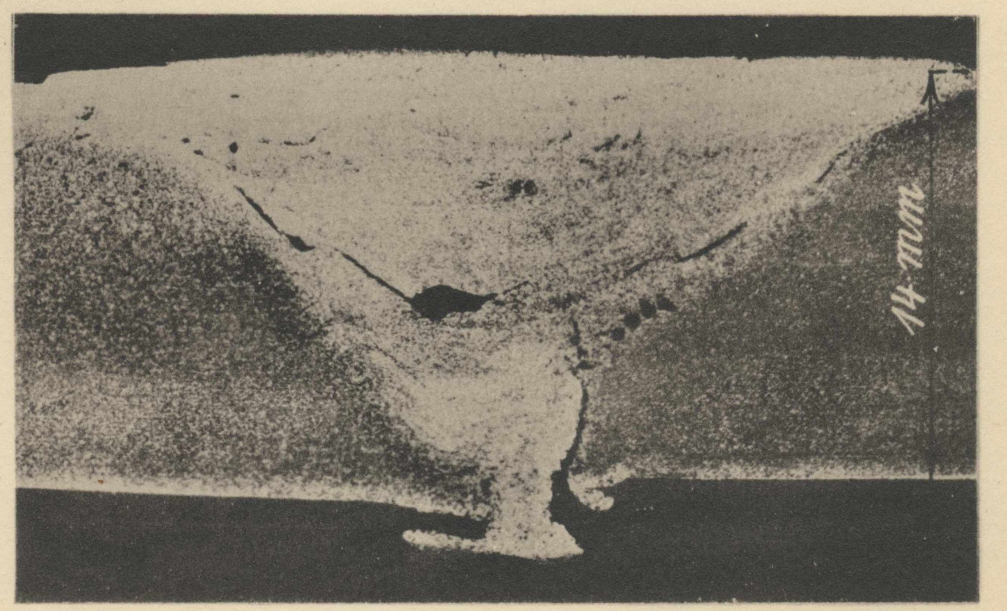
4. Структура металла въ сѣченіяхъ шва аутогенной сварки желѣза весьма неоднородна по строенію и при плохой сваркѣ изобилуетъ посторонними вкрапленіями.



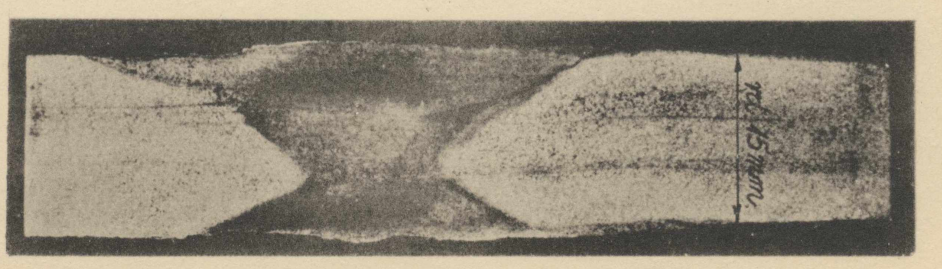
Фиг. 1. 1×2.



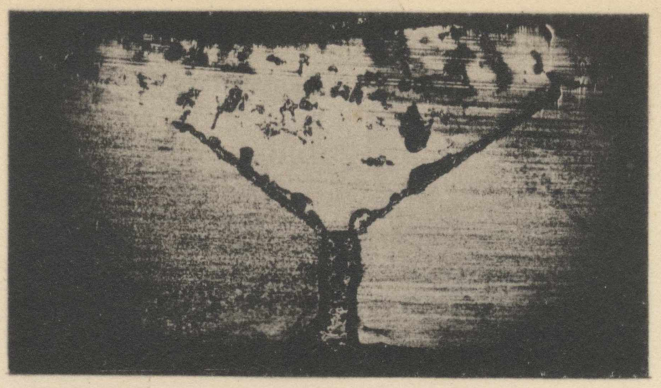
Фиг. 2. 1×3.



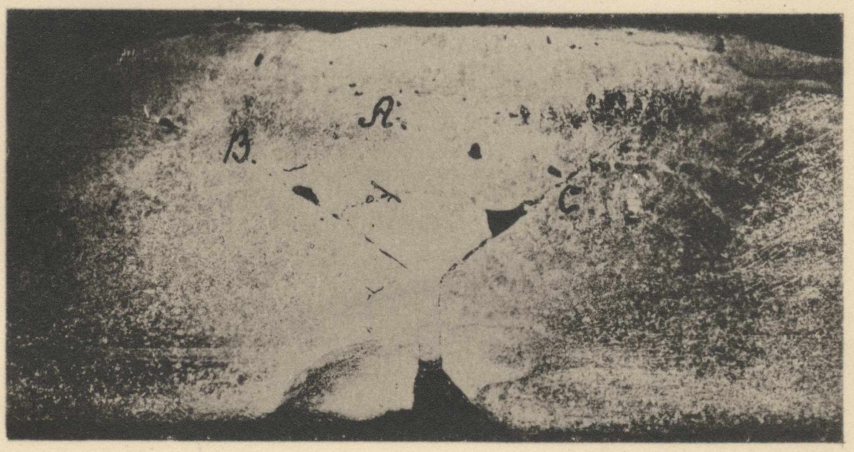
Фиг. 3. 1×3½.



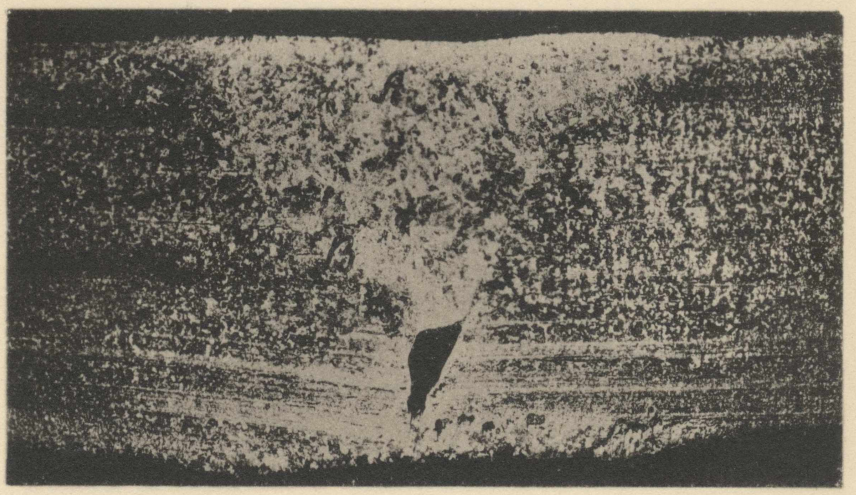
Фиг. 4. 1×1.



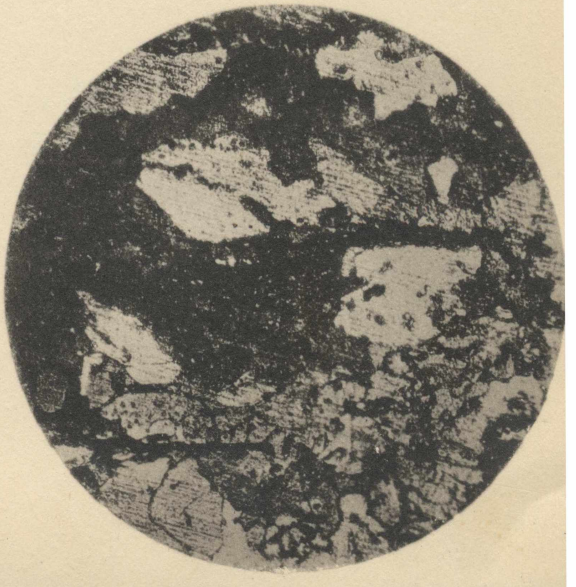
Фиг. 5. 1×4.

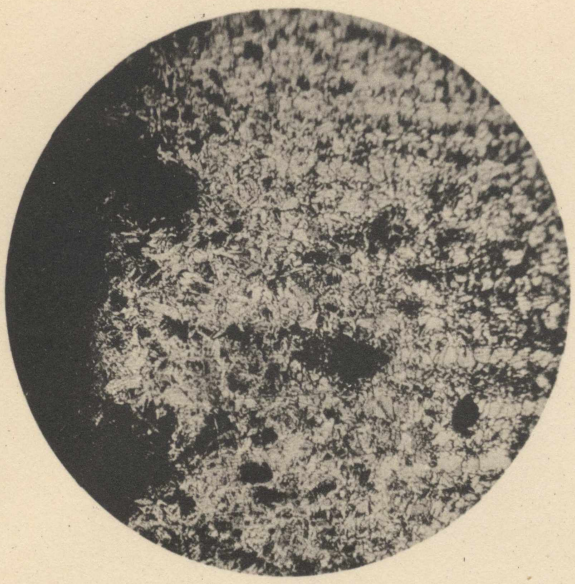


Фиг. 6. 1×5.



Фиг. 7. 1×5.



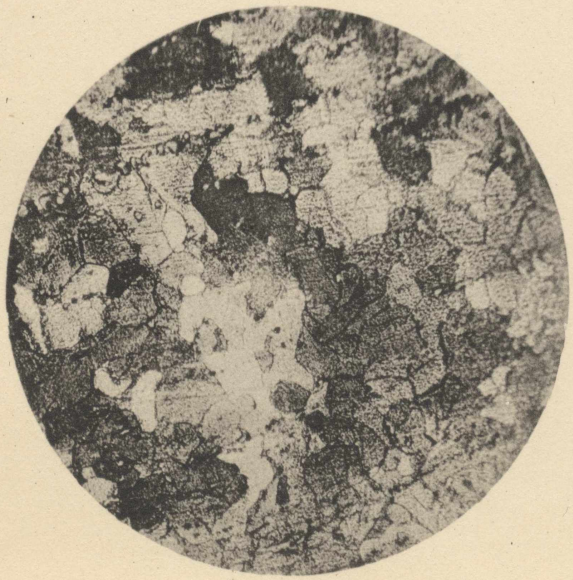


Фиг. 10. 1×100.

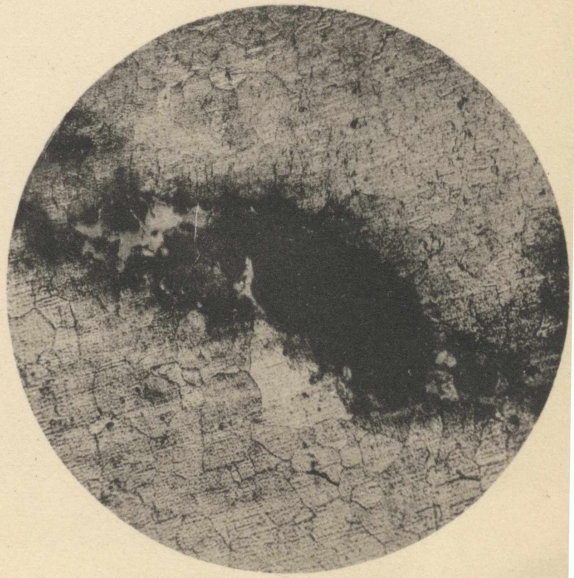
Фиг. 11. 1×100.

Фиг. 12. 1×100.

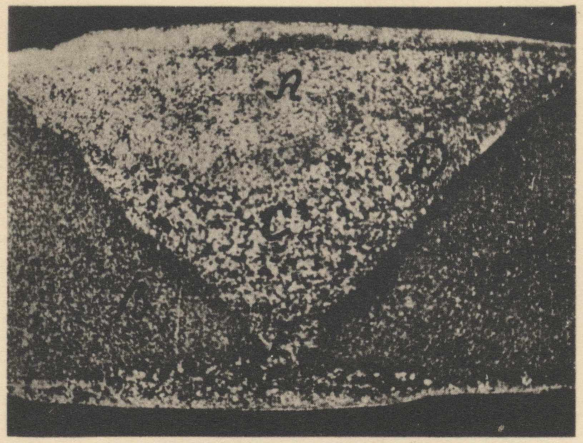
Фиг. 13. 1×100.



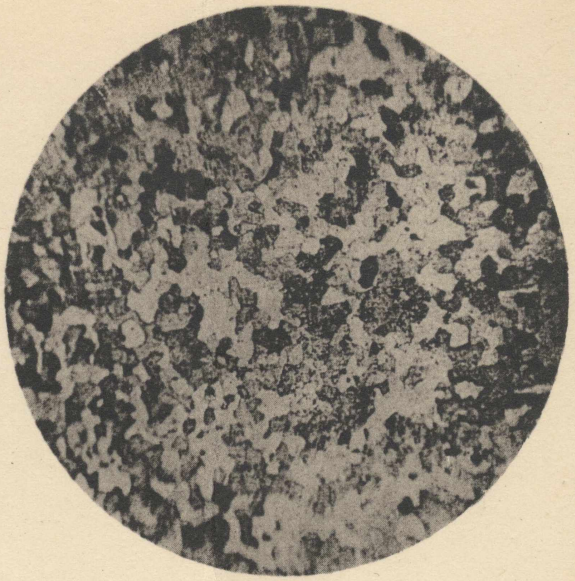
Фиг. 14. 1×100.



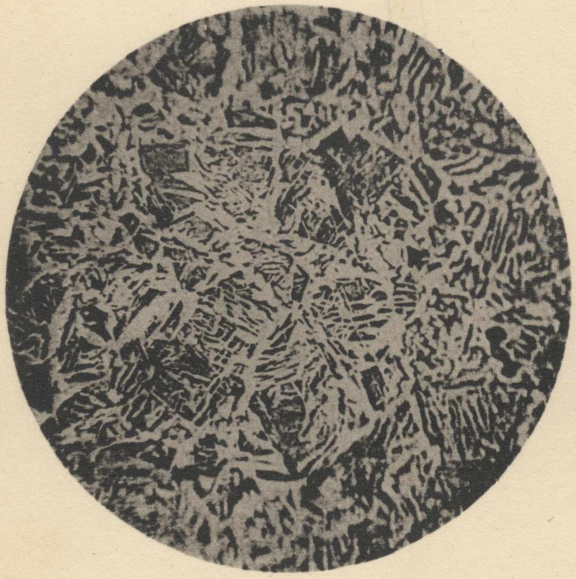
Фиг. 15. 1×100.



Фиг. 16. 1×2.

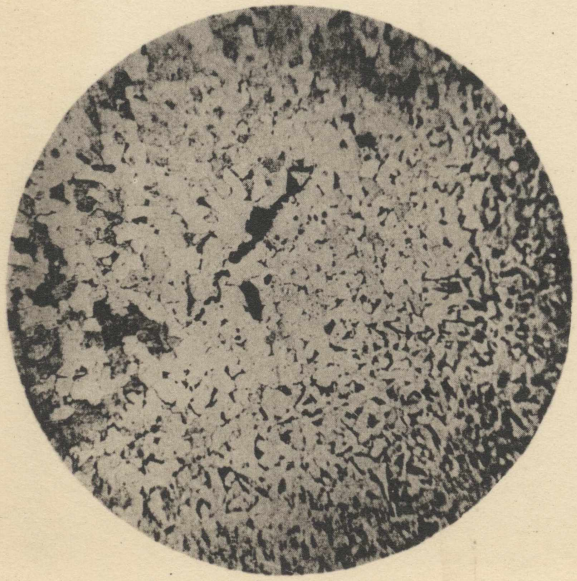


Фиг. 17. 1×50. Мѣсто А.



Фиг. 18. 1×50. Мѣсто В.

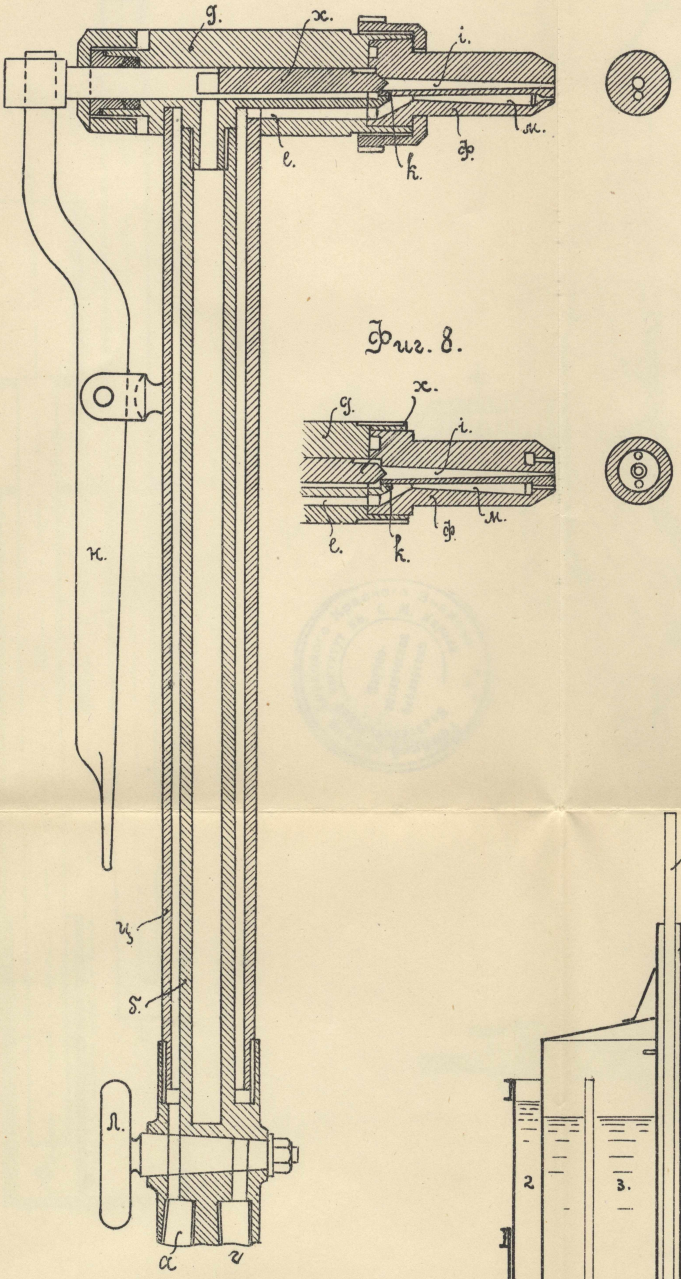
Фиг. 19. 1×50. Мѣсто С.



Фиг. 20. 1×50. Мѣсто Д.

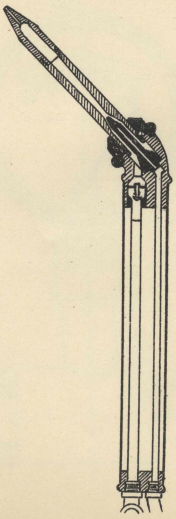
Фиг. 21. 1×50. Мѣсто Е.

Фиг. 7.

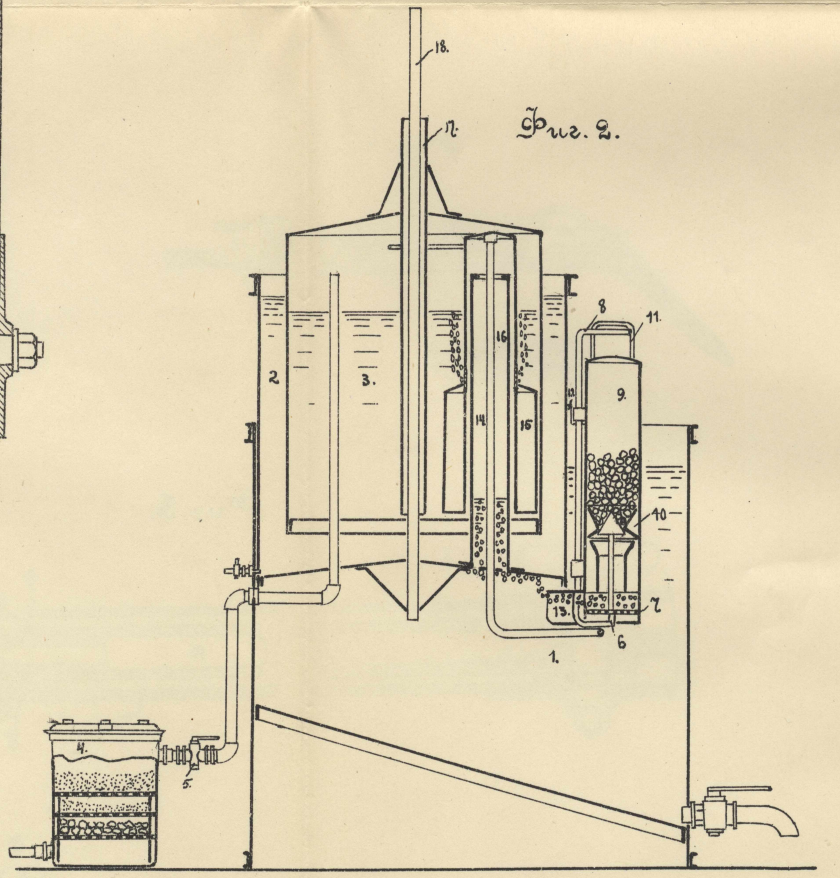


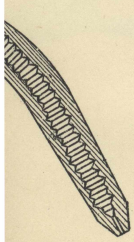
Фиг. 8.

Фиг. 5.

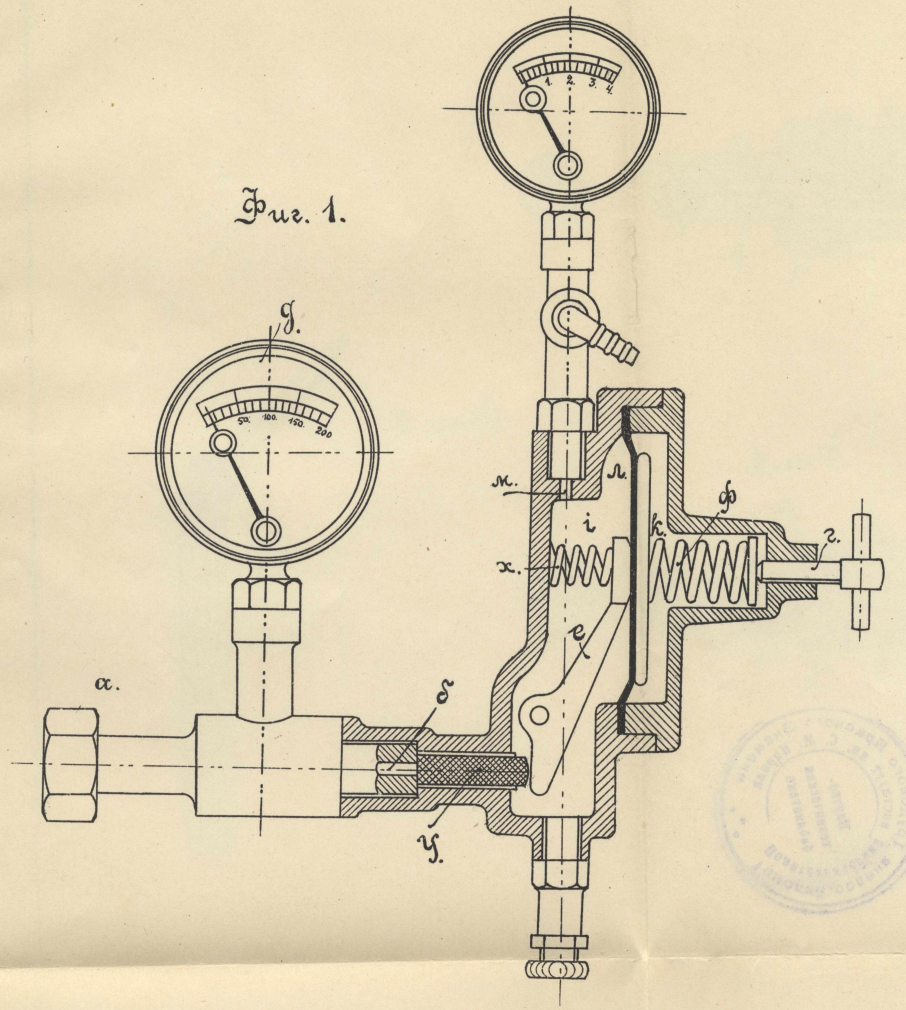


Фиг. 2.

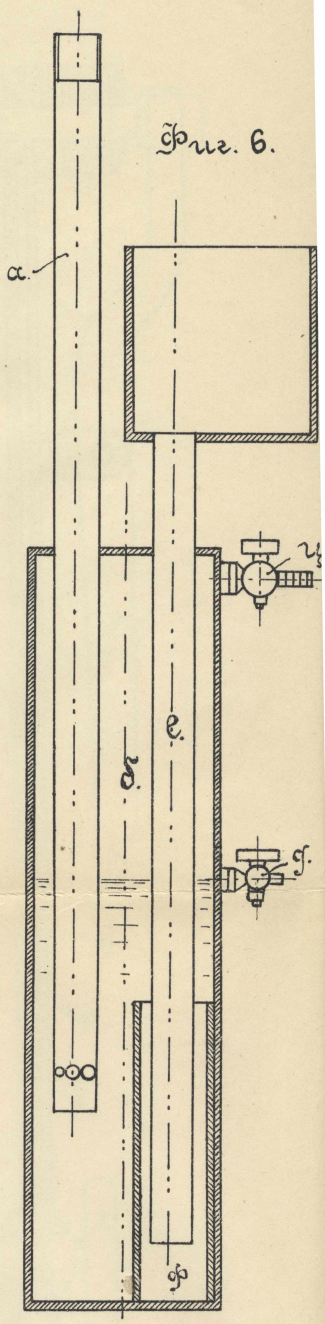




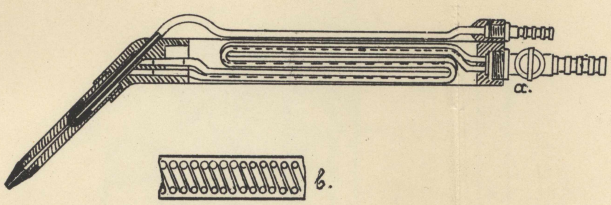
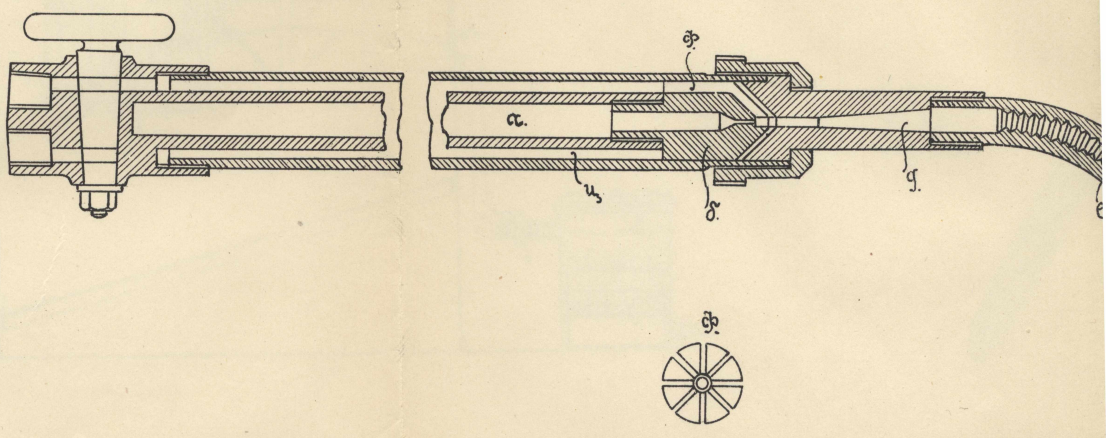
Фиг. 1.



Фиг. 6.



Фиг. 4.



Фиг. 3.