

ТРУДЫ СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

Инж. Э. Х. ШАМОВСКИЙ, инж. А. А. ПРОХОРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНОГО ШВА
МЯГКОГО ЖЕЛЕЗА

ИЗДАНИЕ НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СЕКТОРА СИБИРСКОГО
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

1939

г. СТАЛИНСК

1939

НАУЧНАЯ РЕДАКЦИЯ
ТРУДОВ СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

- Инж. Д. С. Хорунов — металлургия чугуна
- Инж. Е. К. Вяткин — металлургия стали
- Проф. Ю. В. Грдина — металловедение
- Инж. Т. М. Голубев — прокатное дело
- Доц. А. И. Сахаров
- Доц. А. И. Смирнов — литейное дело
- Инж. П. С. Богданов
- Инж. Э. Х.
- Доц. М. С.
- Проф. В. П.
- Инж. А. М.
- Доц. Я. С.
- Доц. М. М.
- Доц. П. С.

1966 г.

Ответственный
инж.

ечи

алы

аника

ские

R.S.L. KEMEROVO

СССР
ГУУЗ ● НКЧМ

LIBER



60879

Экз. 7

ТРУДЫ

СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

34.64

Ш 19

Кафедра металлургии стали

Инж. Э. Х. ШАМОВСКИЙ, инж. А. А. ПРОХОРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНОГО ШВА
МЯГКОГО ЖЕЛЕЗА

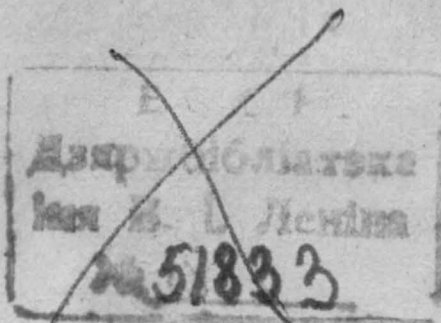
80263
1953 г.

ИЗДАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СЕКТОРА СИБИРСКОГО
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

1939

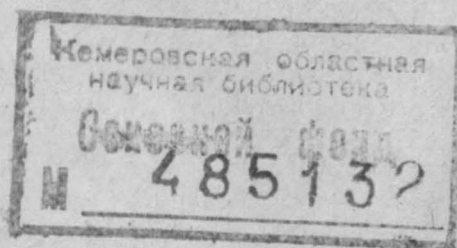
г. СТАЛИНСК

1939



ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. Программа работы	4
2. Методы исследования	4
I. Механические испытания	4
II. Металлографические исследования	6
III. Химические исследования	6
IV. Термический анализ	6
3. Материал	6
4. Метод изготовления образцов	6
5. Постановка эксперимента и результаты исследования	7
I. Механические испытания	7
II. Статистический разрыв	9
III. Излом образцов	19
IV. Твердость	25
V. Соотношение работоспособности сварных образцов до предела пропорциональности и до разрыва	30
VI. Ударное испытание сварных образцов	35
VII. Кручение	39
VIII. Металлографическое исследование	41
IX. Проба Эна	42
X. Химический анализ	44
XI. Термический анализ	46
6. Выводы	47



Технический редактор Е. И. Бутакова

Тираж 350 экз. Печ. л. 2½, учетно-авт. 5

Сдано в набор 9 июня 1938 г.

Подписано к печати 10/V-1939 г.

Статформат 148×210

Печатн. зн. 80000 в одном печ. листе.

Новосибирск, типография № 1 Облесполкома. Зак. № 1723

Уполобллита № Б-5080 от 10/V-1939 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА * СВАРНОГО ШВА МЯГКОГО ЖЕЛЕЗА

Те большие технико-экономические перспективы и преимущества, какие дают автогенные методы работы в промышленности, сразу же выдвинули их как особый, новый технологический процесс. В настоящее время нет ни одной области промышленности, ни одной специальности, где бы они не нашли себе применения. Этот новый технологический процесс, который как таковой начал фигурировать лишь в последние годы прошедшего десятилетия, стал применяться как замена клепаных и литых конструкций. Такая замена наложила свой отпечаток. Заклепочный шов стали механически заменять сварным швом. Клепаная конструкция при переводе на сварную оставалась той же, а не перерабатывалась вкорне, как это требовалось бы. Применяемый расчет прочности сварной конструкции был элементарно прост. В основу расчета принималось опасное сечение сварного треугольника и допустимое напряжение на сварной шов. Допускаемое напряжение выбиралось на основании прочности сварного образца разрыву и изгибу.

Наличие разрыва, получившегося между столь широким применением сварных конструкций в промышленности и отсутствием основных понятий о работе их, послужило толчком к постановке и проведению целого ряда научно-исследовательских работ. Первые же работы, поставленные как в области технологии сварки, так и в области работы сварных конструкций показали, что работа их не аналогична работе клепаных конструкций. Как пример, достаточно указать работы Патона, Данилова, Николаева, Сибирского института металлов, Говгарда, Бибера, Филиппова и т. д.

Все работы этих авторов и работы многих других, не перечисленных здесь, достаточно четко показали различие между работой клепаной и сварной конструкций, между работой клепаного и сварного швов.

С целью выяснения качества сварного шва, разницы между применяемым присадочным металлом-электродом и сварным швом, выяснения его физических и механических свойств и выявления факторов, влияющих на них, была по-

* Работа выполнена в 1933 году

ставлена работа «исследование качества сварного шва мягкого железа» в электросварочной лаборатории Сибирского института металлов.

ПРОГРАММА РАБОТЫ

В программе работ намечалось выяснить влияние следующих факторов на качество сварного шва.

1) Влияние очистки сварного шва, для чего наплавлились образцы:

- а) без применения очистки;
- б) очистка зубилом и ручной щеткой;
- в) очистка механической щеткой.

2) Влияние расположения швов по отношению к действующей силе и методов наплавки (фиг. 1):

- а) фланговый шов (фиг. 1а),
- б) лобовой шов (фиг. 1б),
- в) шов под углом $\alpha = 45^\circ$ к действующей силе (фиг. 1с),
- г) накрест лежащие швы под углом $\alpha = 45^\circ$ к действующей силе и под углом $\beta = 90^\circ$ друг к другу (фиг. 1д),
- д) комбинация фланговых и лобовых швов (фиг. 1е): g, i, k, l лобовые под углом $\alpha = 45^\circ$, накрест лежащие при $\alpha = 45^\circ$ и $\beta = 90^\circ$, комбинация лобовых и фланговых. Все образцы выполнены с попеременным изменением направления движения электрода $\rightleftarrows$.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования были применены следующие методы:

I. Механические испытания

1) Статический разрыв с определением:

- а) предела пропорциональности (σ_p)
- б) предела текучести (σ_s)
- в) временного сопротивления (σ_b)
- г) абсолютного и относительного удлинения ($\Delta l_0, \delta$)
- д) относительного сужения (ψ) и
- е) модуля упругости (E).

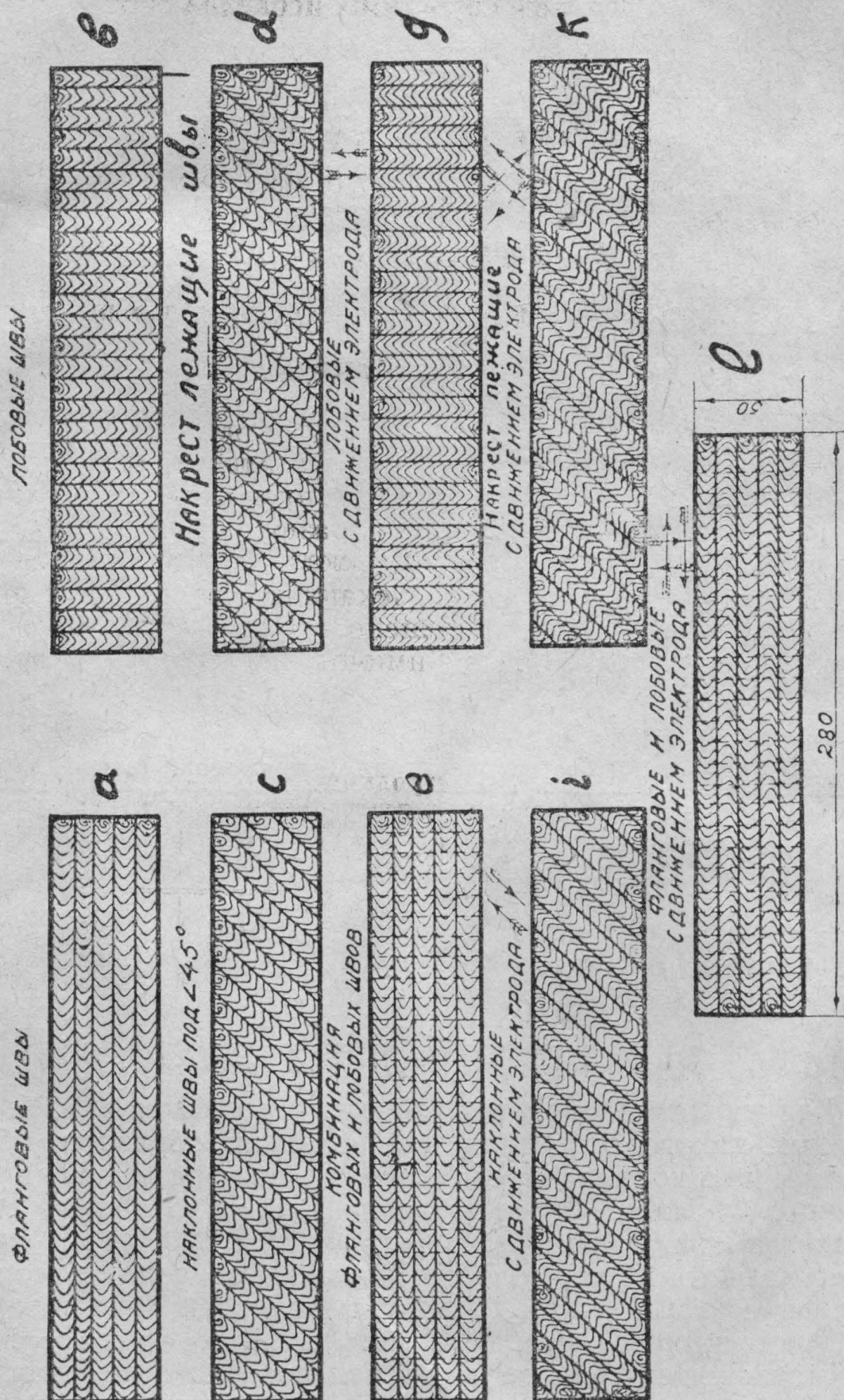
2) Твердость, определенная по Бринеллю и на машине Альфа.

3) Кручение на машине Амслера, с определением угла закручивания, временного сопротивления при кручении и смещения волокон.

4) Статический изгиб с определением угла прогиба и относительного удлинения при изгибе.

5) Ударные испытания на копре Шарпи с определением вязкости сварного образца при изгибе.

ВИДЫ НАПЛАВКИ ОБРАЗЦОВ



Фиг. 1.

II. Металлографические исследования

- 1) Макро-и микроанализ.
- 2) Проба Эна.

III. Химические исследования

- 1) Химический анализ основного материала—электродов.
- 2) Химический анализ наплавленного металла.

IV. Термический анализ

- 1) Температура образца и распределение его по образцу.

МАТЕРИАЛ

Исследуемым материалом для изготовления сварных образцов применялась белорецкая проволока и для контрольных образцов — ревдинская проволока в бунтах. О причине изготовления контрольных образцов и применения для них ревдинской проволоки будет сказано ниже. Подробное исследование физических и механических свойств примененной проволоки было освещено в «Известиях Сибирского института металлов» № 1. Химический состав проволоки приводится в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав электродной проволоки (в проц.)

Наименование проволоки	C	Mn	Si	P	S
Ревдинская.	0,16	0,17	0,02	0,039	0,038
Белорецкая	0,12	0,28	0,019	0,018	следы

МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ

Для наплавки образцов применялся уголок 65×65. Применение такого основания для наплавки образцов, обладающего жесткостью, предохраняло от коробления наплавленного образца. Образцы наплавлились с обеих сторон полки уголка. Размер наплавки: длина 300 мм, ширина 60 мм, высота 15 мм. После наплавки образца уголок разрезался (механическим способом) в своей вершине и на шепинге снимался основной металл. После чего образец изготовлялся из одного лишь наплавленного металла.

Наплавка образцов проводилась постоянным током на машине Элин голыми электродами, при одном и том же сварочном режиме, одним и тем же сварщиком. Исключе-

ние представляют контрольные образцы, выполненные двумя сварщиками, о чем будет сказано ниже. Следовательно, благодаря этому устранялось влияние квалификации сварщика (но не руки сварщика) и сварочного режима.

ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

I. Механические испытания

Для механических испытаний были приготовлены образцы согласно вышеприведенной программе и фиг. 1. Нумерация образцов, условия наплавки, сварочный режим наплавки и т. д. даны в таблице 2.

Таблица 2

Условия наплавки образцов

Группа	№ образца	Направление наплавки	Количество швов	Количество рядов	Сила сварочного тока	Количество затрач. времени сварщиком в минутах	Количество израсходов. электродов в кг
I	1	Фланговый, без очистки. .	21	4	130—140	134	2,39
	2	" " " " . .	21	4	130—140	118	1,85
	3	" " " " . .	21	4	130—140	125	2,35
	4	" " " " . .	21	4	130—140	136	2,39
II	5	Фланговый, очистка ручн. щеткой . . .	21	4	130—140	159	2,22
	6	" " " " . .	21	4	130—140	171	2,37
	7	" " " " . .	21	4	130—140	165	2,44
	8	" " " " . .	21	4	130—140	165	2,41
III	9	Фланговый, очистка механ. щеткой . . .	21	4	130—140	182	2,24
	10	" " " " . .	21	4	130—140	192	2,39
	11	" " " " . .	21	4	130—140	152	2,39
	12	" " " " . .	21	4	130—140	152	2,43
IV	13	Лобовой, очистка ручн. щеткой. . .	118	4	130—140	226	2,43
	14	" " " " . .	125	4	130—140	211	2,20
	15	" " " " . .	120	4	130—140	235	2,32
	16	" " " " . .	124	4	130—140	222	2,48
V	17	Под углом 45°, очистка ручн. щеткой. . .	105	4	130—140	210	2,42

Группа	№ образца	Направление наплавки	Количество швов	Количество рядов	Сила сварочного тока	Количество затрач. времени сварщиком в минутах	Количество израсход. электродов в кг
VI	18	Под углом 45° очистка ручн. щеткой	91	4	130—140	207	2,61
	19	"	94	4	130—140	214	2,41
	20	"	86	4	130—140	179	2,41
	21	Накрест лежащ. под угл. 45°, очистка ручн. щеткой .	94	4	130—140	190	2,43
	22	Тоже	96	4	130—140	205	2,28
	23	"	93	4	130—140	187	2,28
	24	"	95	4	130—140	183	2,12
VII	25	Комбин. фланговых и лобов., очистк. ручн. щеткой .	ф.10 л.52	4	130—140	178	2,59
	26	Тоже	ф.10 л.26	3	130—140	162	2,26
	27	Лобов. с движ. электрода $\rightleftarrows$	78	3	130—140	172	2,32
VIII	28	Тоже	75	3	130—140	204	2,54
IX	29	Под угл. 45° очистка ручн. щетк. движ. электр $\rightleftarrows$	69	3	130—140	179	2,43
	30	Тоже	70	3	130—140	191	2,53
X	31	Накрест лежащ. угл. 45° очис руч. щетк дв. электр. $\rightleftarrows$	71	3	130—140	193	2,63
	32	Тоже	72	3	130—140	200	2,76
XI	33	Комбин. фланг. и лоб движ. электр. $\rightleftarrows$	ф.10 л.24	3	130—140	166	2,45
	34	Тоже	ф.10 л.23	3	130—140	153	2,43
Контрольные образцы							
XII	001	Фланг. с очистк. ручн. щеткой.	16	3	130—140	136	2,52
	002	Тоже	16	3	130—140	145	2,68
	003	"	16	3	130—140	144	2,67
	004	"	16	3	130—140	141	2,65
	005	Лобов. с очистк. ручной щеткой	66	3	130—140	168	2,52
XIII	006	Тоже	69	3	130—140	182	2,74
	007	"	72	3	130—140	175	2,72
	008	"	69	3	130—140	169	2,57

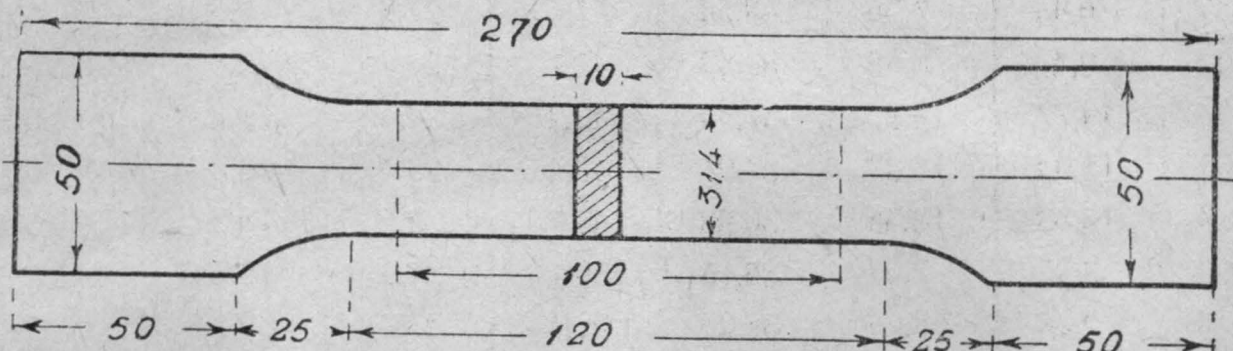
Окончание таблицы 2

Группа	№ образца	Направление наплавки	Количество швов	Количество рядов	Сила сварочного тока	Количество затрач. времени сварщиком в минутах	Количество израсход. электрода в кг
XIV	0009	Фланг. с очистк. ручной щеткой.	25	3	130	150	2,78
	0010	Тоже	25	3	130	150	2,78
	0011	„	22	3	130	142	2,28
	0012	„	21	3	130	134	2,34

II. Статический разрыв

Из наплавленных тридцати четырех образцов, простроганных на шепинге, изготавливались плоские образцы для разрыва по форме и размерам, показанным на фиг. 2. Приготовленные образцы были подвергнуты статическому разрыву на 30-тонной машине Амслера.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ СТАТИЧЕСКОГО РАЗРЫВА



Фиг. 2.

При испытании производилось определение: предела пропорциональности по зеркальным отсчетам, проводимым для определения модуля Юнга, предела текучести по диаграмме растяжения, зеркальным отсчетам и по падению стрелки динамометра, временного сопротивления разрыву, относительного удлинения и сужения при помощи измерений штангенциркулем и делительной машиной, до испытания и после испытания, с точностью до 0,01.

Для определения модуля Юнга применялся упрощенный зеркальный экстензометр с двумя зеркалами (фиг. 3). Все численные данные статического разрыва для основных образцов и контрольных, сведены в таблицу 3, графически — на фиг. 4. (Стр. 14).

Таблица 3

Механические свойства сварного металла основных и контрольных образцов

Р е з у л ь т а т ы ы с ы т а н и я							
№ образца	Относит. удлинение образца δ %	Относит. сужение площ. попер. сеч. ψ %	Врем. сопротив. σ_B кг/мм ²	Врем. сопротив. отнесен. к шейке σ_d кг/мм ²	Предел текучести σ_s кг/мм ²	Предел пропорциональности σ_p кг/мм ²	Модуль упругости Е кг/см ²
1	12,37	18,83	40,29	49,7	29,1	19,2	1 943 000
2	5,89	4,01	36,21	37,8	25,45	17,7	1 973 000
3	13,88	17,54	37,85	45,9	25,4	19,9	1 950 000
4	8,18	7,02	37,27	40,1	25,6	17,7	1 812 000
5	16,90	15,16	35,74	45,9	26,9	20,1	1 953 000
6	11,62	19,57	38,10	47,8	26,4	20,0	1 994 000
7	13,17	11,59	38,75	43,8	27,3	19,5	1 902 000
8	14,25	13,64	38,67	45,1	26,7	20,0	1 871 000
9	14,37	14,37	39,41	46,0	26,8	21,4	1 961 000
10	14,01	13,39	38,71	44,9	26,4	18,7	1 955 000
11	Испытан без предварительных измерений						
12	6,44	7,55	38,54	41,6	27,8	17,8	1 780 000
13	9,43	8,86	37,42	41,1	25,6	14,3	2 053 000
14	14,77	13,27	37,40	43,2	25,4	19,3	1 874 000
15	11,94	12,31	37,97	43,4	25,4	20,9	1 950 000
16	13,58	13,55	36,93	42,7	23,9	18,8	1 973 000
17	8,15	7,22	36,16	39,1	25,0	18,2	1 941 000
18	9,26	8,55	36,04	39,4	23,7	16,1	1 953 000
19	6,58	8,08	35,41	38,6	24,9	16,1	1 845 000
20	12,29	13,39	36,49	42,1	24,6	21,1	1 940 000
21	8,52	Разр. выше расчет. дл.	36,60	—	—	—	1 886 000
22	7,45		35,72	38,5	24,1	17,7	1 919 000
23	10,12		37,60	41,6	24,4	13,5	1 948 000
24	7,16	7,93	36,35	39,6	25,7	18,2	1 924 000
25	14,81	13,60	38,02	44,0	24,7	19,5	1 975 000
26	7,38	6,36	36,97	39,5	24,6	18,5	1 901 000
27	7,94	7,68	36,54	39,6	24,4	17,3	2 041 000
28	7,60	13,19	35,43	40,9	24,5	16,4	1 843 000
29	13,76	11,74	38,21	43,2	24,9	17,5	1 871 000
30	10,64	11,72	36,56	41,4	24,0	18,2	1 900 000

Таблица 3 (окончание.)

Р е з у л ь т а т ы ы с п ы т а н и я							
№ образца	Относит. удлинение образца $\delta\%$	Относит. сужение площ. попер. сеч. $\psi\%$	Врем. сопротив. σ_b кг/мм ²	Врем. сопротив. отнесен. к шейке σ_d кг/мм ²	Предел текучести σ_s кг/мм ²	Предел пропорциональности σ_p кг/мм ²	Модуль упругости Е кг/см ²
31	7,55	7,16	35,56	38,7	24,6	14,5	1 910 000
32	9,30	7,95	35,88	39,0	24,6	17,4	1 880 000
33	5,63	5,58	36,55	38,7	24,8	14,4	1 871 000
34	6,15	6,35	33,52	35,8	24,6	15,4	1 960 000
К о н т р о л ь н ы е о б р а з ц ы							
001	10,87	13,97	38,0	44,2	23,9	18,05	1 997 000
002	11,11	6,46	37,50	40,1	23,9	18,1	—
003	6,38	4,04	36,58	38,1	24,75	20,0	1 910 000
004	8,24	8,19	38,18	41,6	23,82	19,0	1 861 000
005	3,24	4,25	30,50	31,8	23,2	17,1	1 910 000
006	2,59	Разр. произ. в перех. на головку					1 850 000
007	6,50	3,67	37,65	39,0	23,0	16,25	1 813 000
008	5,06	6,22	33,33	35,5	23,6	14,32	1 836 000
009	10,13	9,63	39,87	44,1	26,4	20,1	1 812 000
0010	6,0	5,25	38,80	41,0	—	20,0	1 882 000
0011	8,94	5,24	42,42	44,8	30,2	20,85	1 875 000
0012	6,82	5,72	41,58	44,1	30,1	20,90	1 695 000
0003	16,99	25,70	66,09	88,2	64,1	—	1 899 000

Средние значения для каждой из одиннадцати групп данных образцов представлены в таблице 4 и графически — на фиг. 5, стр. 16, а процентное соотношение групп по отношению к группе II, принятой за сто, представлено на таблице 5 и фиг. 6, стр. 17.

Рассматривая таблицы 4 и 5 и диаграммы фиг. 5 и 6, можно сделать следующие выводы.

1) Механическая очистка сварного шва проволочной щеткой на гибком валу от мотора с числом оборотов $n = 1500$ об/мин дает меньшее повышение механических свойств сварного шва, чем ручная.

Таблица 4

**Средние значения механических свойств сварных образцов
по группам**

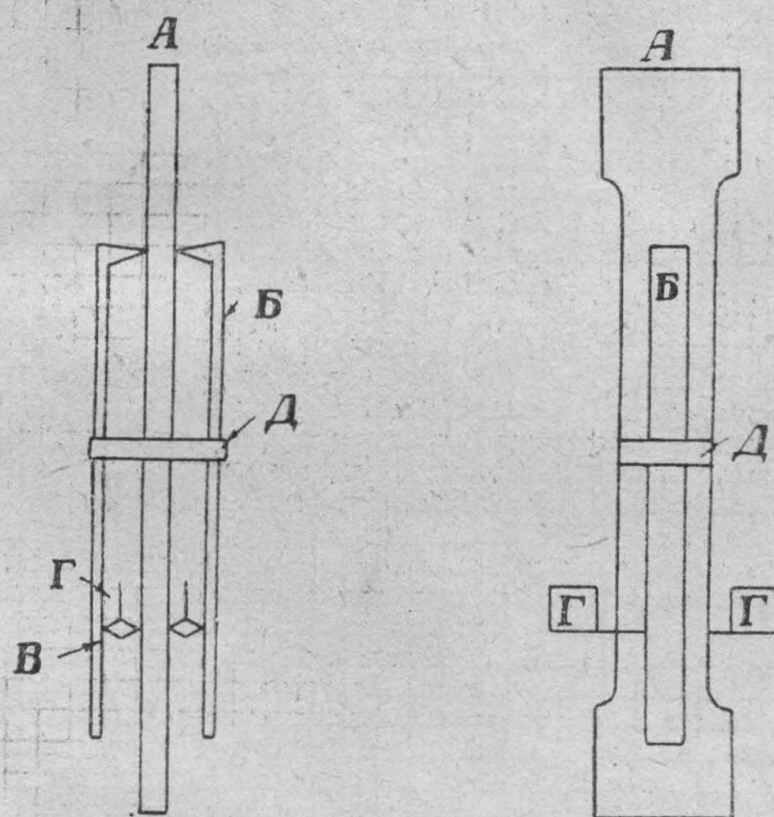
Группа	№ образца	Средние значения				
		$\delta\%$	σ_b	σ_s	σ_p	E
I . . .	1—4	10,1	37,9	26,5	18,6	1 916 000
II . . .	5—8	13,98	37,8	26,8	19,9	1 930 000
III . . .	9—12	11,6	38,9	27,0	19,3	1 932 000
IV . . .	13—16	12,44	37,43	25,3	18,3	1 812 000
V . . .	17—20	9,8	36,0	24,6	17,9	1 869 000
VI . . .	21—24	8,38	36,6	24,7	16,4	1 919 000
VII . . .	25—26	11,1	37,50	24,65	19,0	1 938 000
VIII . . .	27—28	7,77	36,0	24,45	16,8	1 942 000
IX . . .	29—30	12,2	37,4	24,45	17,8	1 885 000
X . . .	31—32	8,43	35,7	24,6	16,0	1 895 000
XI . . .	33—34	5,89	35,0	24,7	14,9	1 915 000

Таблица 5

**Отклонения средних значений по группам образцов в процентах
от группы № 2 (5—8), принятой за 100%**

№ образца	$\delta\%$	σ_b	σ_s	σ_p
1—4	— 27,5	+ 0,3	— 1,2	— 6,5
5—8	100	100	100	100
9—12	— 17,0	+ 2,8	+ 0,8	— 3,0
13—16	— 11,0	— 0,8	— 5,5	— 8,0
17—20	— 30,0	— 4,8	— 8,2	— 9,0
21—24	— 40,0	— 3,2	— 7,8	— 17,6
25—26	— 20,5	— 0,7	— 8,0	— 4,5
27—28	— 44,4	— 4,8	— 8,5	— 15,5
29—30	— 12,6	— 1,0	— 8,5	— 10,5
31—32	— 39,6	— 5,5	— 8,2	— 19,5
33—34	— 57,8	— 7,4	— 7,8	— 25,0

СХЕМА ЭКСТЕНЗОМЕТРА



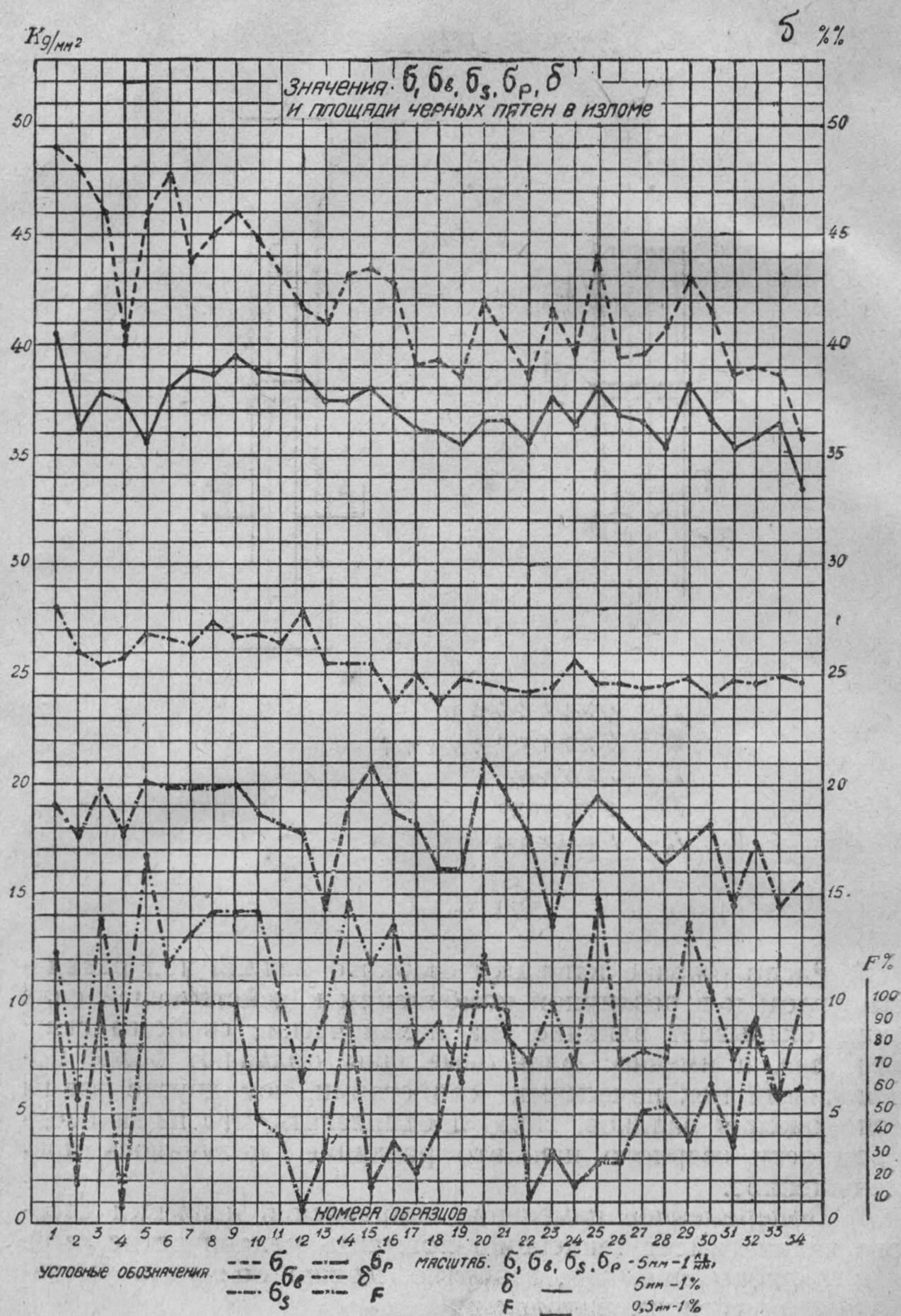
- А - ИСПЫТ. ОБРАЗЦ
 Б - ПЛАНКА С ПРИЗМОЙ
 В - ПРИЗМА
 Г - ЗЕРКАЛО
 Д - РЕЗИНКА

Фиг. 3.

2) Расположение наплавки сварного валика под различным углом и в различной комбинации к действующей силе также оказывает влияние на механические свойства сварного шва, а именно: фланговые швы обладают более повышенными механическими свойствами, чем другие виды расположения валиков. Надо предполагать, что из-за неоднородности сварного шва это различие получилось уменьшенное.

3) Попеременное изменение направления наплавки сварного валика имеет тенденцию повысить механические свойства сварного шва, что, вероятно, можно объяснить уменьшением внутренних напряжений.

4) Применение очистки ручной щеткой и зубилом дает шов лучшего качества. Здесь, несомненно, сказывается больше проковка, ибо механическая очистка по качеству выше.



Фиг. 4.

Однако, если более детально рассмотреть таблицу 3 и диаграмму на фиг. 4, то сразу же бросаются в глаза резкие колебания численных значений, характеризующих качество сварного шва, даже в одной и той же группе, то есть в группе, в которой все условия наплавки для всех образцов данной группы были одинаковы. Особенно большие колебания численных значений показывает кривая относительного удлинения.

Таблица 6

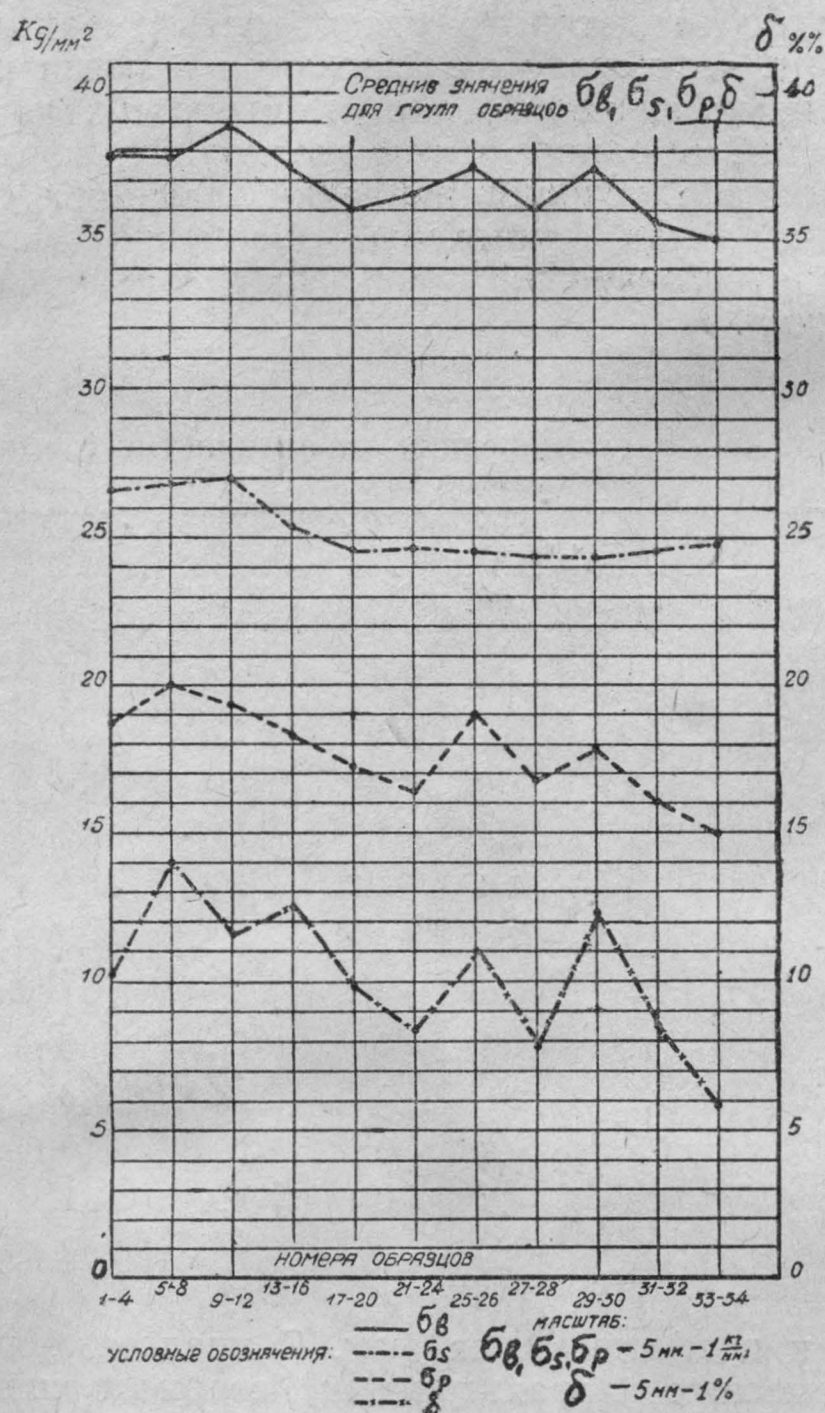
Амплитуды колебаний механических характеристик сварных образцов

№ образц.	δ		σ_b		σ_s		σ_p	
	макс	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.
1—4	37,0	41,7	6,1	4,5	9,8	4,2	3,2	4,8
5—8	21,0	16,8	2,5	5,4	1,9	1,5	1,0	5,4
9—12	23,8	44,5	1,2	1,0	3,0	2,3	11,0	7,9
13—16	18,7	24,4	1,1	1,4	1,1	5,5	14,2	22,0
17—20	25,2	32,8	1,3	1,6	1,7	3,6	17,9	9,0
21—24	20,8	14,6	2,7	2,4	4,0	2,4	11,0	17,6
25—26	33,5	33,5	1,6	1,6	0,1	0,1	2,7	2,7
27—28	2,1	2,1	1,4	1,4	0,1	0,1	3,0	3,0
29—30	12,9	12,9	2,1	2,1	1,8	1,8	1,8	1,8
31—32	10,3	10,3	0,5	0,5	0	0	9,0	9,0
33—34	4,3	4,3	4,3	4,3	0,4	0,4	3,1	3,1

В таблице 6 и графически на фиг. 7 представлены отклонения механических характеристик сварного шва для каждой группы в сторону максимума и минимума.

Подводя анализ этой диаграммы, можно установить, что максимальная амплитуда размаха для:

временного сопротивления разрыву	6,1	проц.
предела пропорциональности	17,9	»
предела текучести	9,8	»
относительного удлинения	37,0	»
Амплитуда минимума для:		
временного сопротивления разрыву	5,4	»
предела пропорциональности	22,0	»
предела текучести	5,5	»
относительного удлинения	44,0	»

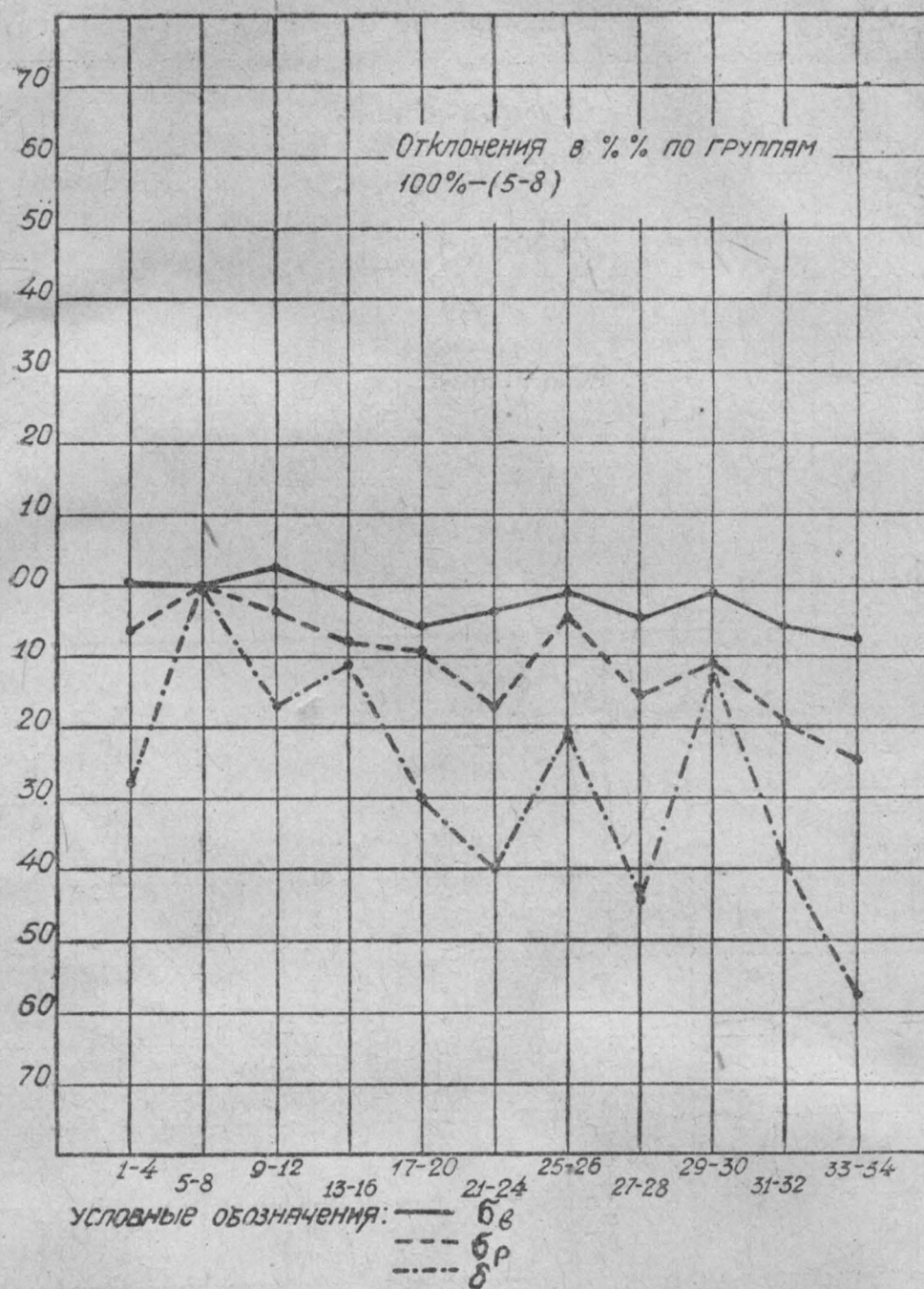


Фиг. 5.

Таким образом будут иметься размахи амплитуды в пределах для:

временного сопротивления разрыву . . .	11,5 проц.
предела пропорциональности	39,9 »
предела текучести	15,3 »
относительного удлинения	81,0 »

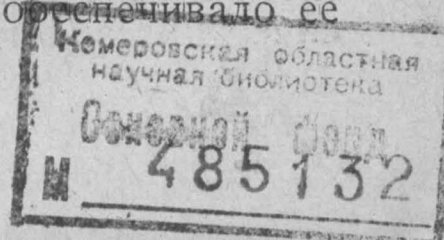
Получение механических характеристик с такими большими колебаниями для одной и той же группы заставило сделать предположение в не совсем добросовестной работе сварщика или неоднородности сварочной белорецкой про-



Фиг. 6.

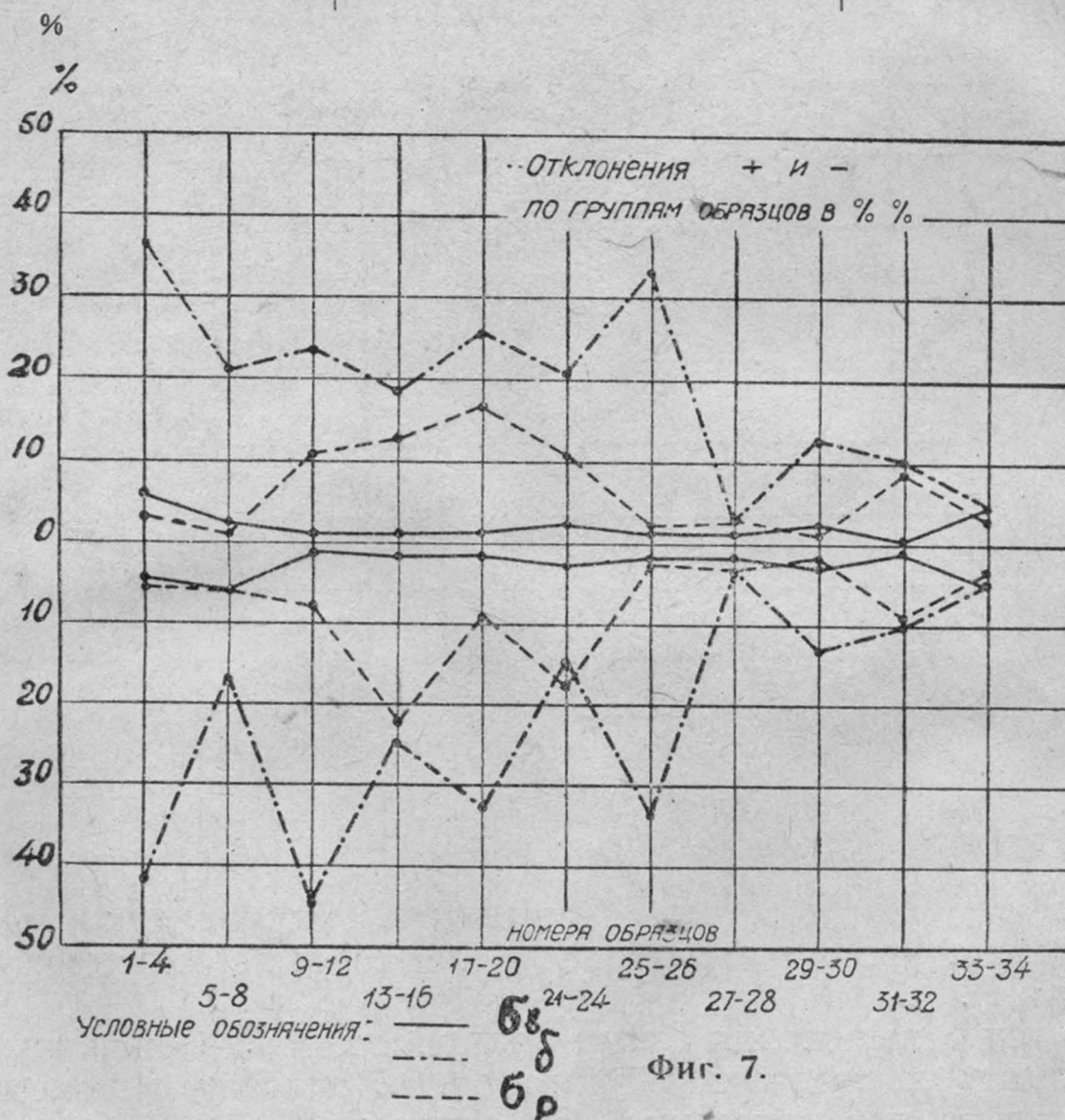
волоки (неоднородность, смешивание нескольких марок белорецких электродов в одном ящике было известно еще и раньше).

С целью выяснения этих вопросов было наплавлено двенадцать контрольных образцов. Наплавку проводили параллельно два сварщика со стажем практической работы четыре и восемь лет. Сварщики были проинструктированы в необходимости ведения процесса сварки короткой дугой, строго придерживаться одного и того же сварочного режима для всех образцов. В качестве электрода была взята ревдинская проволока в бунтах, что обеспечивало ее однородность.



Условия наплавки контрольных образцов Таблица 7

№ образца	Направление наплавки	Сварщик
001	Фланговые швы	№ 1
002		"
003		"
004		"
005	Лобовые	"
006		"
007		"
008		"
009	Фланговые	№ 2
010		"
011		№ 1
012		"



Фиг. 7.

Результаты механических исследований представлены в конце табл. 2, а графически — на фиг. 8. Рассматривая диаграмму и график, можно заметить то же самое основное различие между временным сопротивлением и относительным удлинением и еще более резкое различие механических свойств в группе.

Анализ этих диаграмм приводит к следующим выводам:

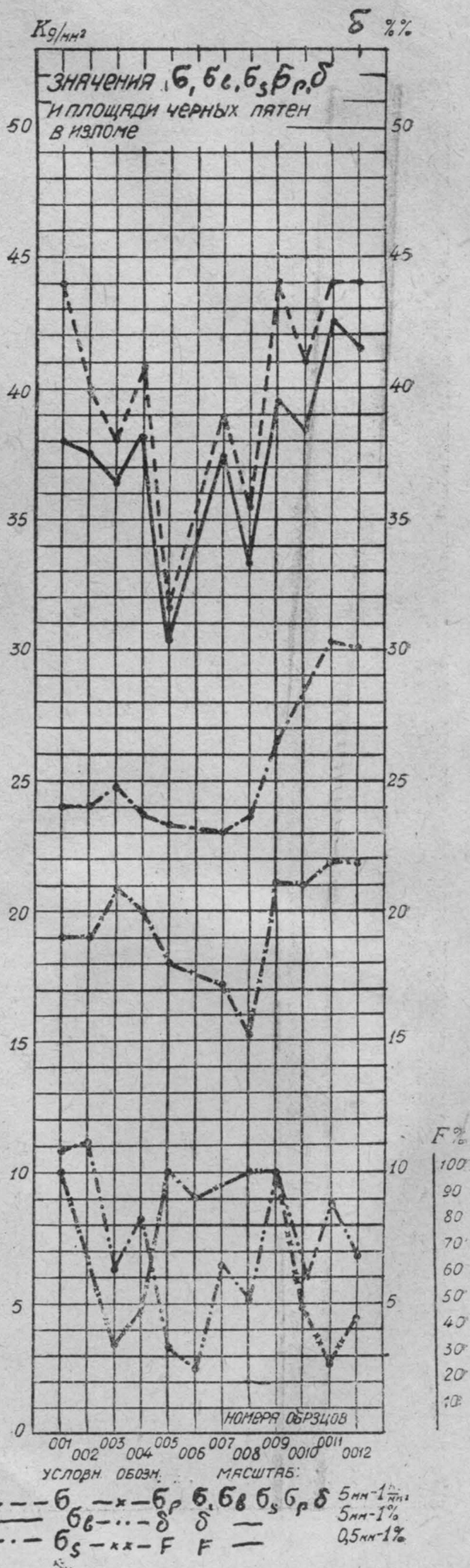
1) Ручная сварка при одинаковых прочих условиях не обеспечивает постоянные значения механических свойств сварного шва.

2) Из численных значений механической характеристики сварного шва можно практически считать, что колебание временного сопротивления разрыву незначительно (± 6 проц.) по сравнению с пределом пропорциональности (± 20 проц.) и относительным удлинением (± 40 проц.).

3) Из пункта второго вытекает, что ориентировка расчета сварной конструкции только на временное сопротивление, как это принято в настоящее время, без учета предела пропорциональности и относительного удлинения, не обеспечивает принятый запас прочности при расчете.

III. Излом образцов

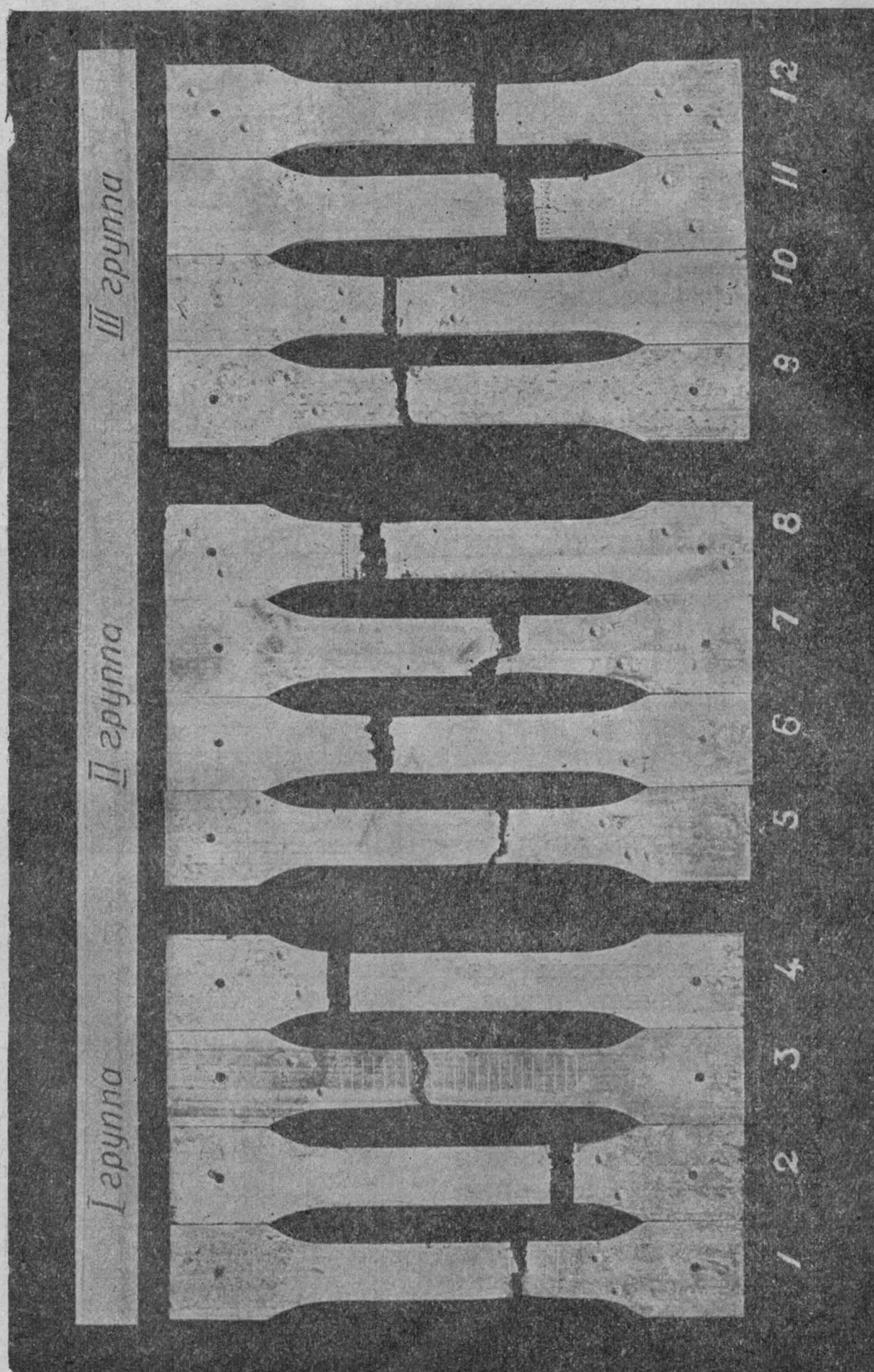
Весьма характерным первым приближенным показателем механических свойств сварного шва является вид излома образцов. На фиг. 9, 10 и 11 даны фотографии плоских образцов и вид их излома. Рассматривая образцы, можно сразу же заметить два характерных вида излома. Первый излом идет всегда перпендикулярно продольной оси образца, а второй — под некоторым углом к ней.

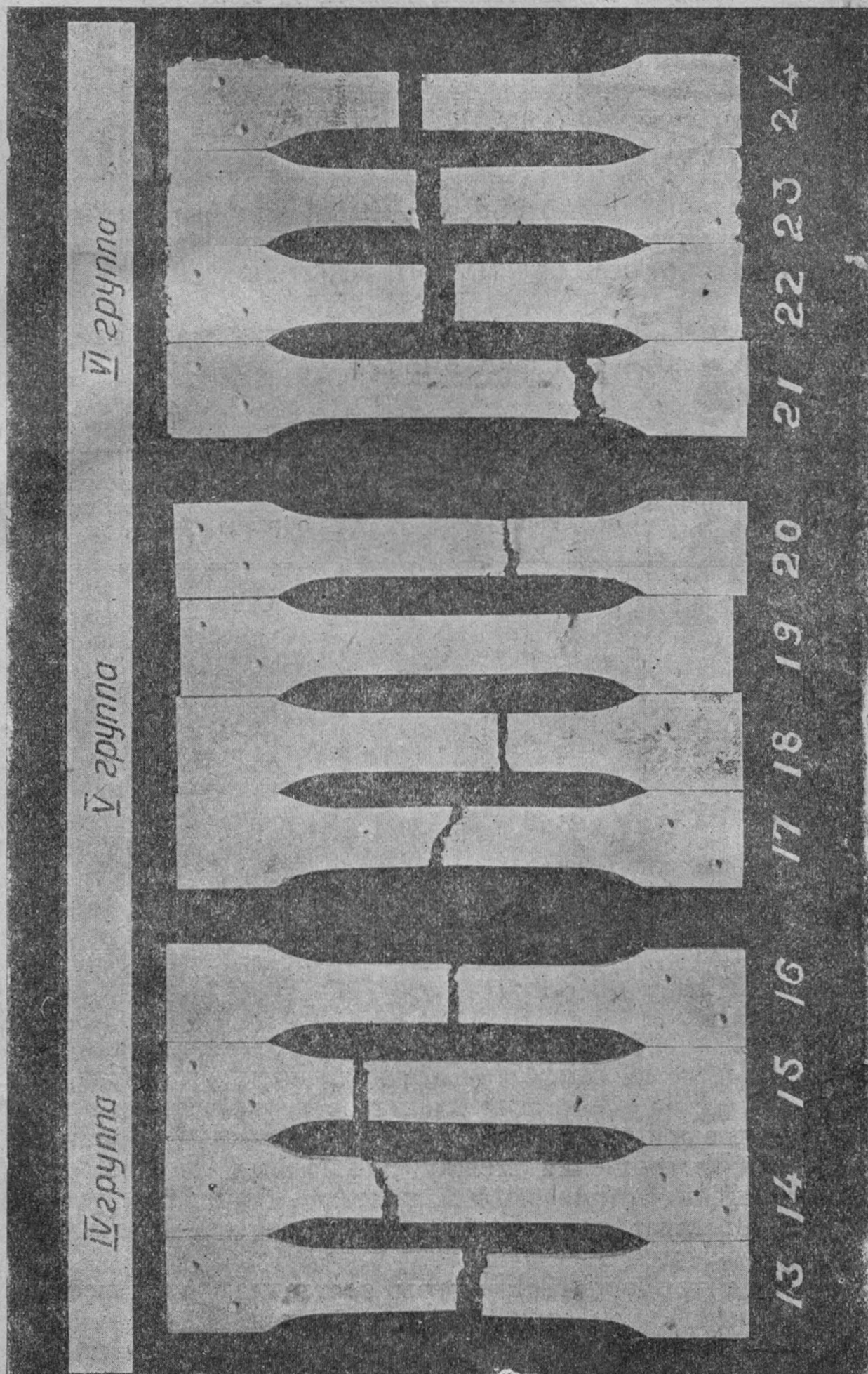


Фиг. 8.

мв 80263

Фиг.9.





Фиг. 10.

Излом, идущий перпендикулярно продольной оси образца, имеет в поперечном сечении образца блестящую кристаллическую структуру (фиг. 12, образец 005), в то время как излом, идущий под углом к продольной оси образца, имеет темноматовую, волокнистую структуру (фиг. 12, образец 4). Образцы, имеющие смешанный вид излома, имеют и смешанную структуру (фиг. 12, образец 11). Помимо этого, в том и другом изломе имелось наличие светлых точек.

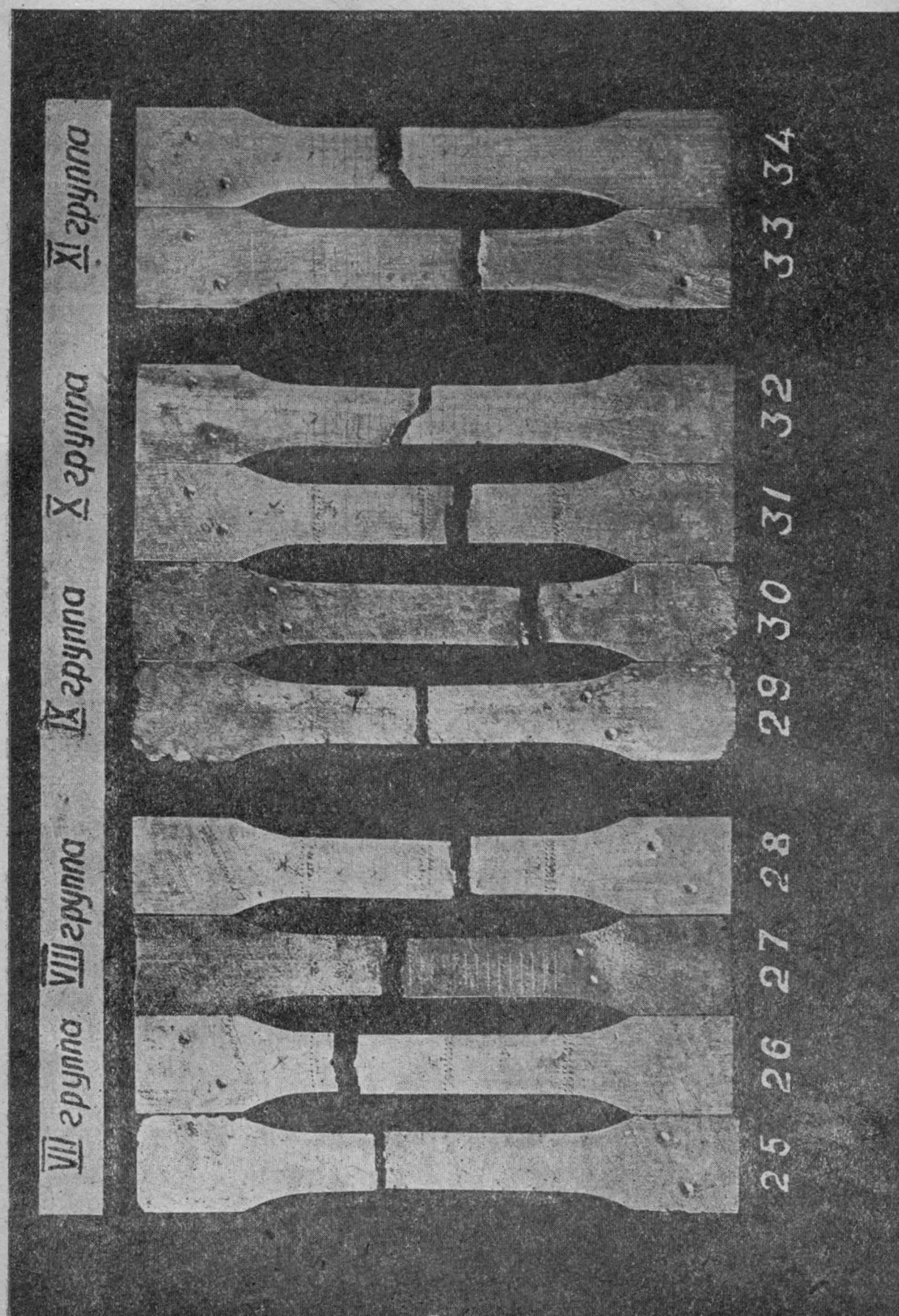
Характеристика излома образцов представлена в таблице 7а и графически — на фиг. 4 и 7.

Таблица 7а

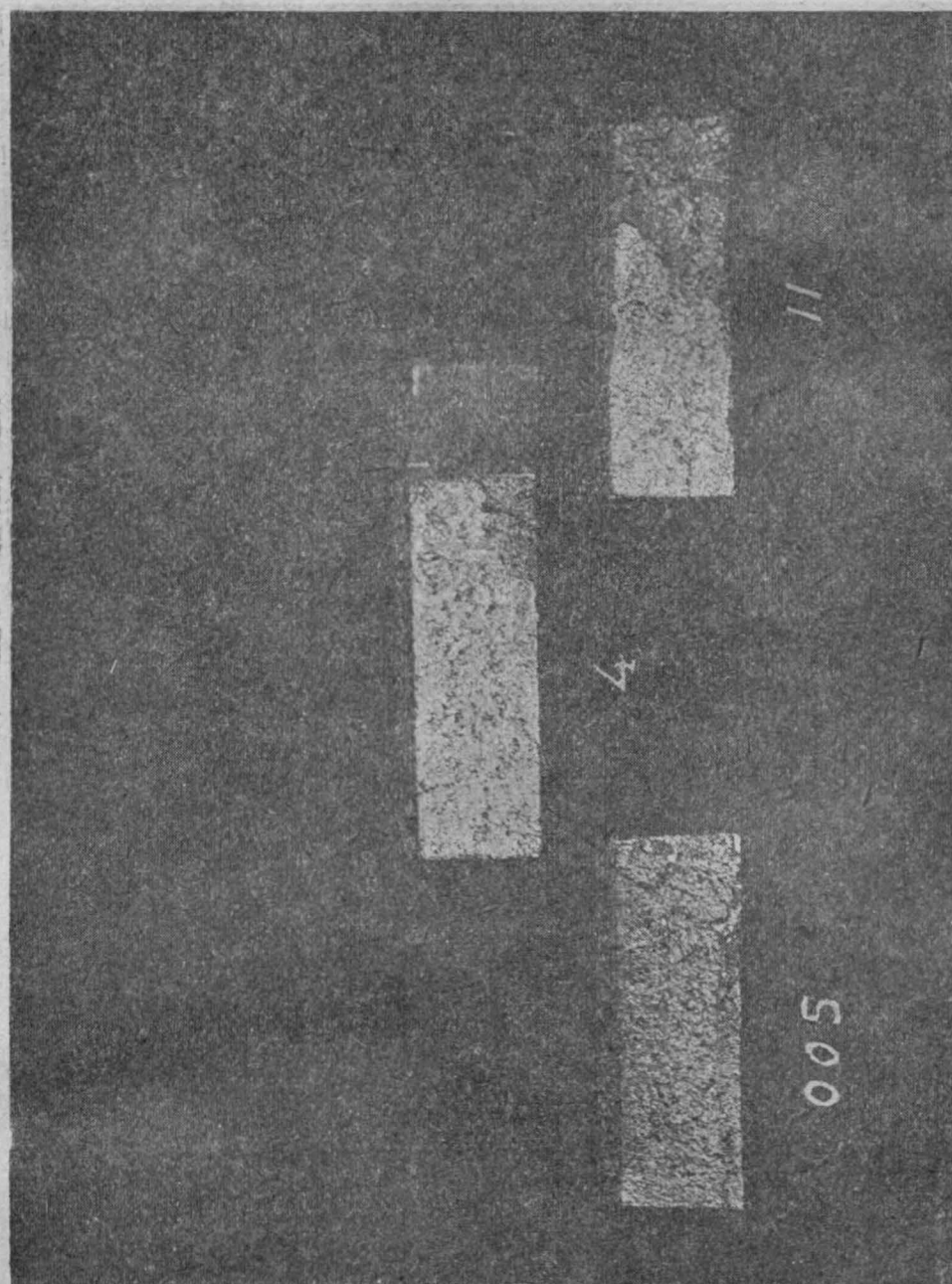
№ образца	Темноматовая площадь в %	№ образцов	Темноматовая площадь в %	№ образца	Темноматовая площадь в %
1	100	16	38	31	36
2	20	17	25	32	96
3	100	18	45	33	56
4	8	19	100	34	100
5	100	20	100	001	100
6	100	21	96	002	72
7	100	22	12	003	37
8	100	23	35	004	49
9	100	24	18	005	100
10	49	25	29	006	91
11	40	26	29	007	95
12	6	27	51	008	100
13	33	28	54	009	100
14	100	29	40	010	51
15	18	30	64	011	26
				012	43

Обращаясь к таблице 3 и графику фиг. 4 и производя сравнение колебания относительного удлинения (кривая i) и кривой F (за 100 проц. принята матово-волокнистая площадь), показывающей влияние на механические свойства процентного соотношения между площадями, можно отметить идентичность кривых. Как правило, большему удлинению соответствует наличие большей матово-волокнистой площади в образце.

Такая неоднородность структуры заставила произвести дополнительный излом, при помощи изгиба, поперек образца. Сечение вновь полученного излома не соответствовало предшествовавшему при разрыве, но, как правило, имелось наличие основных двух типов излома: блестящего кристаллического и темноматового волокнистого с присут-

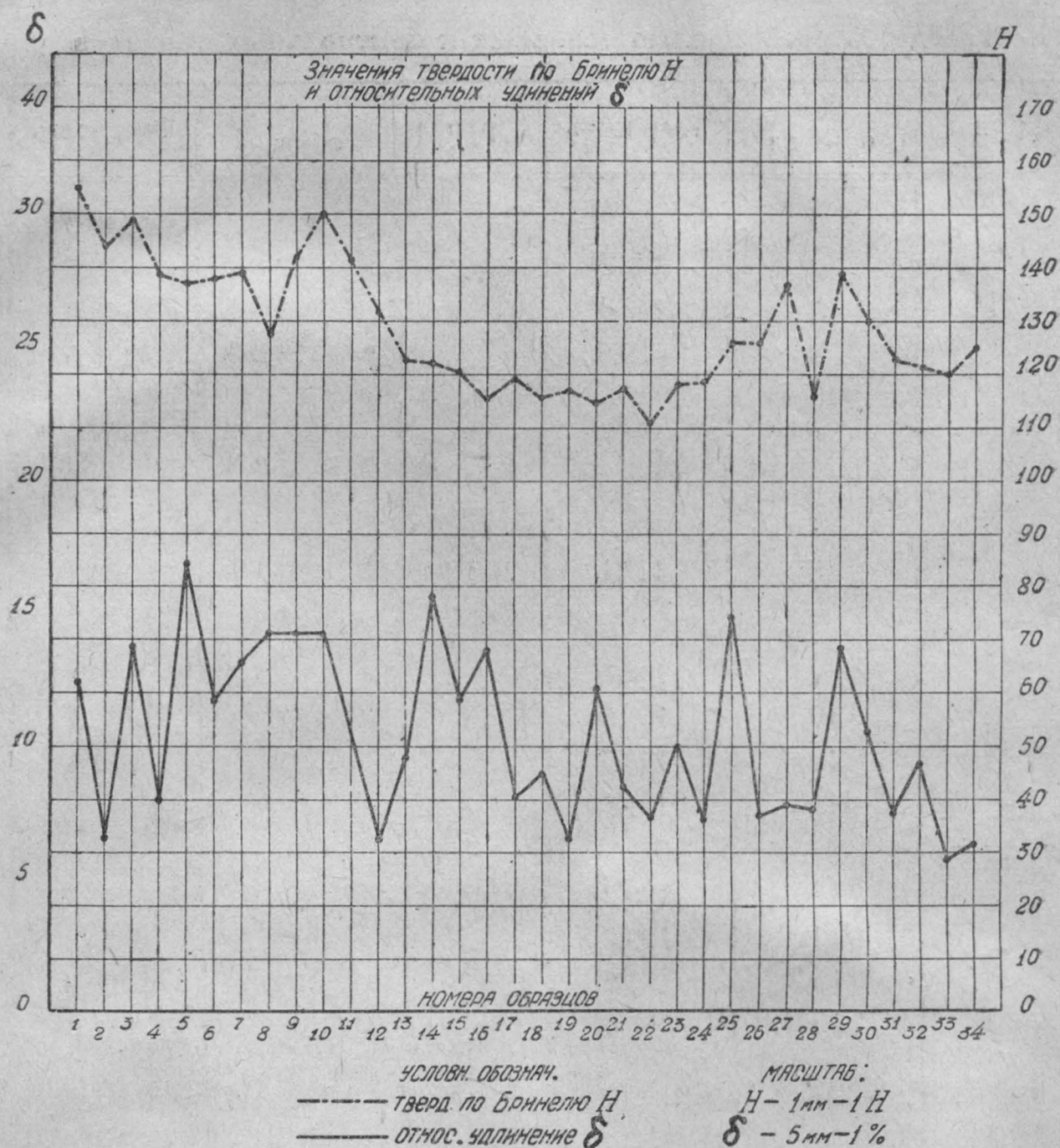


Фиг. 11.



Фиг. 12.

ствием светлых точек. Однако, если при разрыве расположение площадей излома имело вид, как показано на фиг. 12, то есть темноматовая структура всегда начиналась с углового края образца, в изломах на изгиб расположение их (структур) было разнообразное и выявлялось даже в виде растянутой узкой полоски в середине образца, с большей осью параллельно малой оси (поперек) образца. Размер блестящих точек $d = 0,1 - 3 \text{ мм}$, размеры полосок: длина 2 мм , ширина $0,1 \text{ мм}$. Большинство изломов имеет блестящие мелкие точки, полоски и крупные на редких образцах.



Фиг. 13

IV. Твердость

Определение твердости было сделано по Бринеллю шариком $d = 10$ мм при нагрузке $P = 3000$ кг. Отпечатки делались на головках образца, по два отпечатка на каждую головку, а всего четыре на образец (фиг. 9, 10 и 11). Результаты исследований сведены в таблицу 8, а графически — на фиг. 13.

Таблица 8

Твердость по Бринеллю основных и контрольных образцов

Группа	№ образца	Твердость	Группа	№ образца	Твердость
I	1	155	VI	21	118,5
	2	146,5		22	110,5
	3	148,5		23	118,0
	4	139,5		24	119,2
II	5	136,5	VII	35	125,7
	6	138,5		26	125,2
	7	139,2	VIII	27	136,2
	8	127,1		28	116,2
III	9	141,7	IX	29	139,2
	10	151,5		30	129,5
	11	141,2	X	31	121,5
	12	131,7		32	120,2
IV	13	123,2	XI	33	119,5
	14	122,2		34	124,0
	15	120,5			
	16	115,6			
V	17	119,9			
	18	115,6			
	19	116,6			
	20	114,6			
К о н т р о л ь н ы е о б р а з ц ы					
	001	122		007	119
	002	119		008	121
	003	125		009	146
	004	124		010	154
	005	116		011	135
	006	118		012	135

При определении твердости по Бринеллю было отмечено колебание ее для одного и того же образца. С целью выявления изменения твердости по поперечному сечению и по длине образца, а также влияния на твердость «черных и белых пятен» был применен прибор Альфа. Диаметр шарика был взят $d = 2,5 \text{ мм}$, нагрузка $P = 150 \text{ кг}$. Так как определение твердости путем вдавливания в испытуемый металл шарика дает средние показания для площади вдавливания, то, естественно, применение шарика меньшего диаметра дает более приближенные к действительности значения твердости.

Место расположения точек определения твердости показано на фиг. 11, образцы 26, 28, 31. По Альфа определялась глубина отпечатка шарика с обеих сторон образца у головок и по середине. Результаты исследования сведены в таблицу 9 и на фиг. 13.

В таблице 10 и графике 14 приведены данные глубин отпечатков, увязанных с характером излома, т. е. «черными и белыми пятнами».

Для сравнения колебания твердости (глубины отпечатка) было взято полосовое железо и проведено исследование. Результаты сведены в таблицу 10а.

Процентное соотношение изменения глубины отпечатка от средней его глубины для каждого образца вычислено для образцов № 8 с матовым изломом, № 18 со смешанным изломом и для полосового железа. Вычисления сведены в таблицу 11, а графически представлены на фиг. 14.

Анализируя все те данные, какие были приведены в этой главе, можно сделать следующие выводы:

1) Обнаруженная неоднородность сварного образца при испытании на разрыв подтверждается при определении твердости по Бринеллю и Альфа.

Особенно эта неоднородность выявляется на машине Альфа при применении шарика $d = 2,5 \text{ мм}$ (табл. 8, 9) и, несомненно, еще более бы выявилась при применении вместо шарика алмазного конуса. Сравнение колебания твердости у сварного образца (табл. 9, 10, 11, фиг. 14) с колебанием у образца из прокатного железа (взятого непосредственно из механической мастерской) еще более подчеркивает эту неоднородность.

2) Сравнивая на фиг. 13 изменение относительных удлинений и твердости по Бринеллю, можно подметить взаимную связь одного показания от другого, хотя полной аналогии не замечается по всем образцам.

Таблица 9

Глубина отпечатков на сварных образцах (машина Альфа)
 $d = 2,5 \text{ мм}$, $p = 150 \text{ кг}$

№ образца	Сторона образца	Место проб по длине образца	Место пробы на твердость по ширине образца									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24	1	1	76	74	76	78	72	79	74,5	75	69	70
		2	77	78	72	74	73	78	74,5	78	76	73
		3	75	72	72	76	71	72	72	71	67	70
	2	1	74	61	68	64	64	63	62	73	72,5	70,5
		2	72	63,5	62,5	72	72	72	71,5	70	71,5	72
		3	72	60	64	62	72	69	70	73	67	79
26	1	1	70	72	69	68,5	69	63	65	62	63	66
		2	75	73	70	70	79	68	57	70	66	66
		3	68	72	72	72	73	74	68	—	63	68
	2	1	76	75	73	72	76	72	70	74	69	65
		2	82	78	69	74	77	69	75	70	67	63
		3	76	73	65	72	74	70	79	71	86	83
28	1	1	79	74	78	74	66	63	63	64	62	65
		2	74	69	73	73	69	69	67	67	64	65
		3	73	68	72	72	67	66	66	69	63	63
	2	1	80	75	76	82	78	67	73	75	74	76
		2	80	77	81	75	73	70	68	73	74	73
		3	80	73	80	74	69	71	72	77	75	80
31	1	1	68	68	70	71	75	65	71	81	67	83
		2	72,5	72	74	67	69	72	73	66	67	72
		3	74	69,5	68	73	68	69	69	69	72	87
	2	1	68	77	74	74	77	71	67	64	71	74
		2	71	71	77	78	72	68	77	66	66	71
		3	71	69	73	70	68	70	62	64	63	70

Таблица 10

Глубина отпечатков на сварных образцах в зависимости от характера площади излома (по Альфа)

№ образца	Сторона образца	М е с т о н а х о ж д е н и я о т п е ч а т к а												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	1	61	59	63	58,5	58	63	55	57,5	62	60	66	63	—
	2	60	59	56	59	55,5	56,5	53	60,5	55,5	71,5	59	58	54
18	1	63	66	63,5	74	68	62,5	67	58	68	69	65,5	64	65,5
	2	59	56	61	60	58	64	65	69	71	99	71	70	70

П р и м е ч а н и е. Образец № 8—излом черный. Образец № 18—излом смешанный: сторона 1 с 1 по 7 включительно—излом белый, сторона 2 с 1 по 10—излом белый.

Таблица 10а

Глубина отпечатков на образце из полосового железа по Альфа

№ отпечатка	Глубина отпечатка	№ отпечатка	Глубина отпечатка
1	66,5	11	64,5
2	64,5	12	64,0
3	63,0	13	64,5
4	64,0	14	64,0
5	64,0	15	63,5
6	63,5	16	64,0
7	64,0	17	64,5
8	64,5	18	63,5
9	62,0	19	64,5
10	61,5	20	64,5

Таблица 11

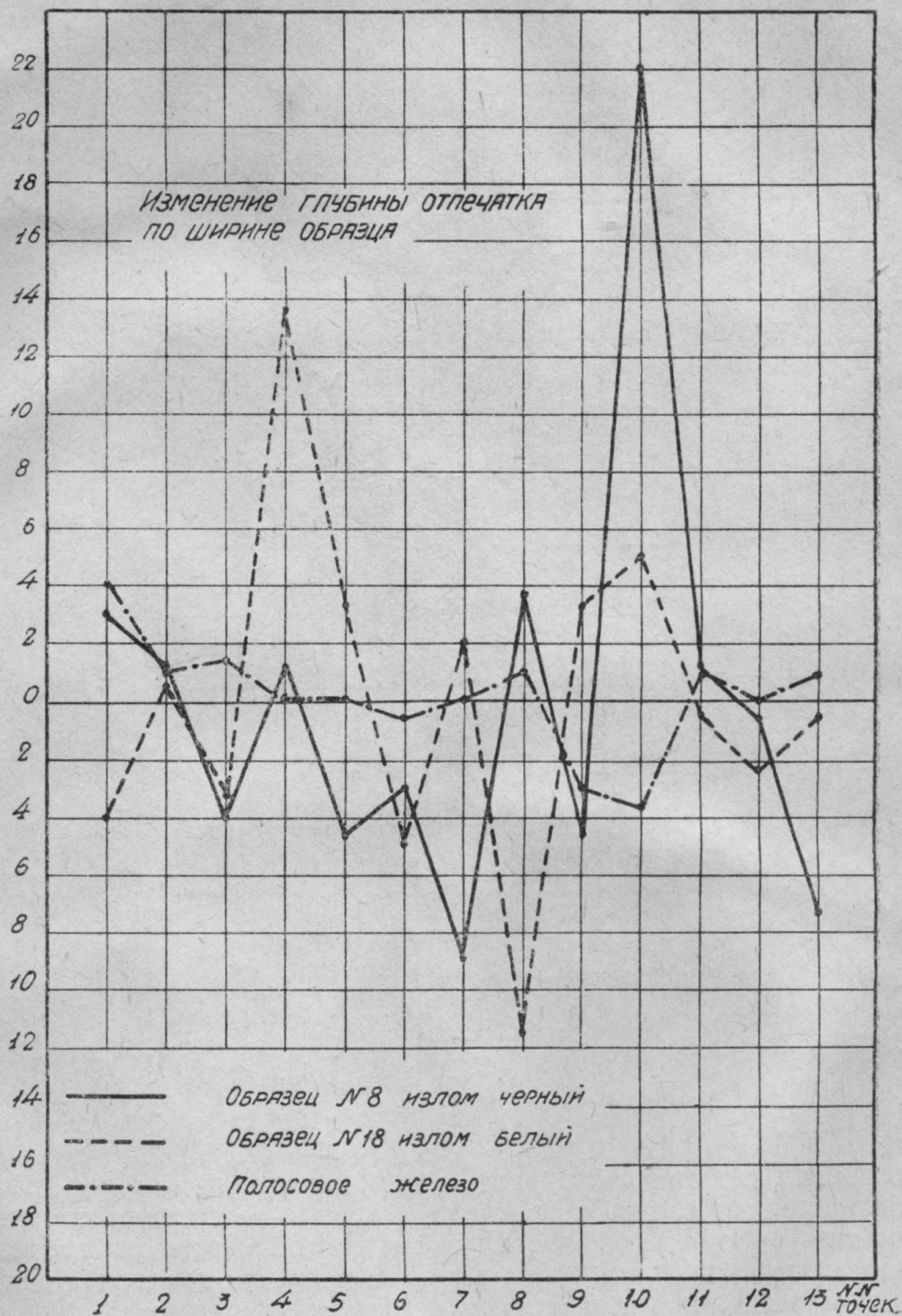
Процентное соотношение изменения глубины отпечатков от среднего значения для образца

№ образца	Место нахождения отпечатка					
	1	2	3	4	5	6
8	+ 3	+ 1,2	— 4	+ 1,2	— 4,7	— 3,1
18	— 4	+ 0,5	— 3,3	+ 12,8	+ 3,3	— 5,0
Полосовое железо	+ 4	+ 1,0	— 1,4	+ 0,1	+ 0,1	— 0,6

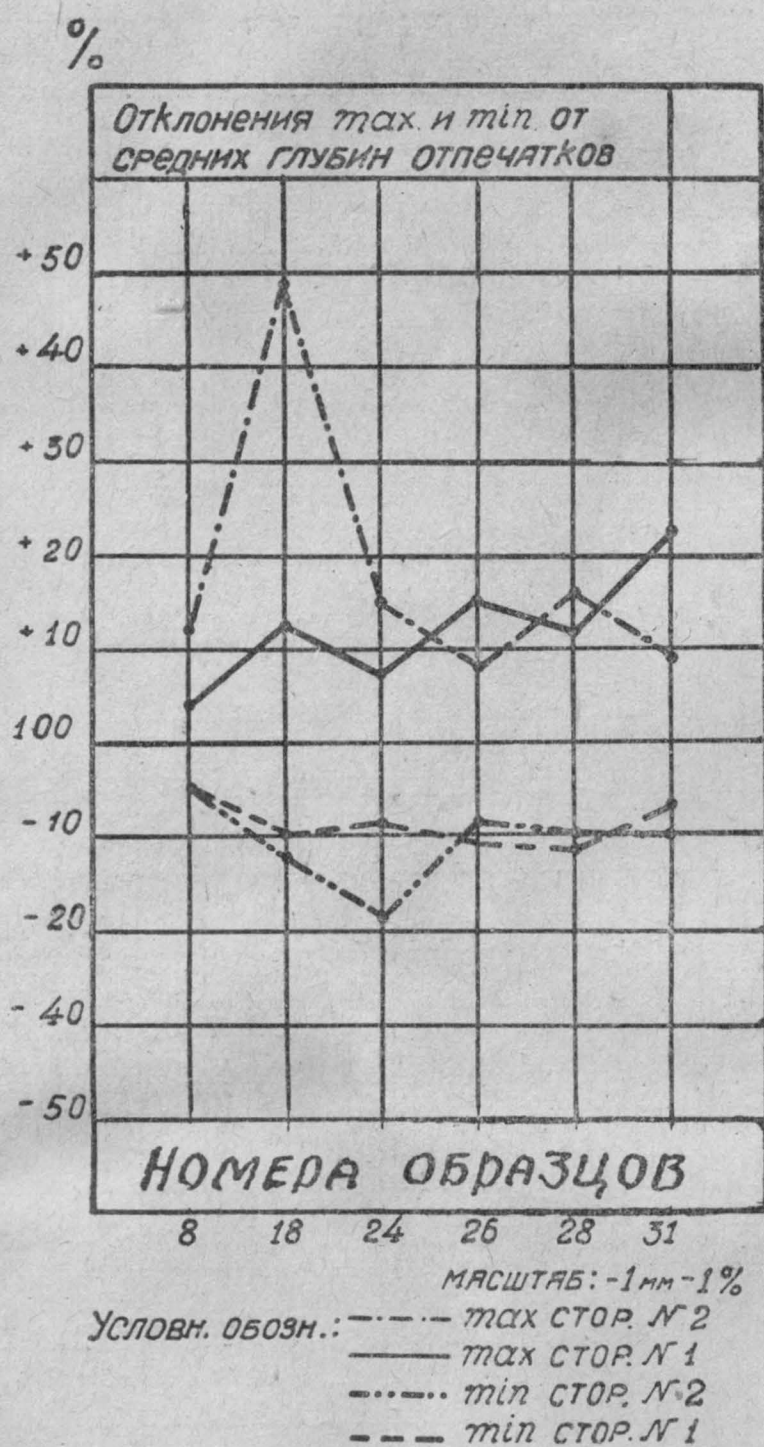
№ образца	Место нахождения отпечатка						
	7	8	9	10	11	12	13
8	— 9,0	+ 3,7	— 4,6	+ 22	+ 1,2	— 0,5	— 7,4
18	+ 2,0	— 11,5	+ 3,3	+ 5,0	— 0,5	— 2,5	— 0,5
Полосовое железо	+ 0,4	+ 1,0	— 3,0	— 3,7	+ 1,0	+ 0,1	+ 1,0

V. Соотношение работоспособности сварных образцов до предела пропорциональности и до разрыва.

Выявившееся при исследовании механических свойств сварного металла резкое колебание относительного удлинения и сравнительно малое колебание временного сопротив-



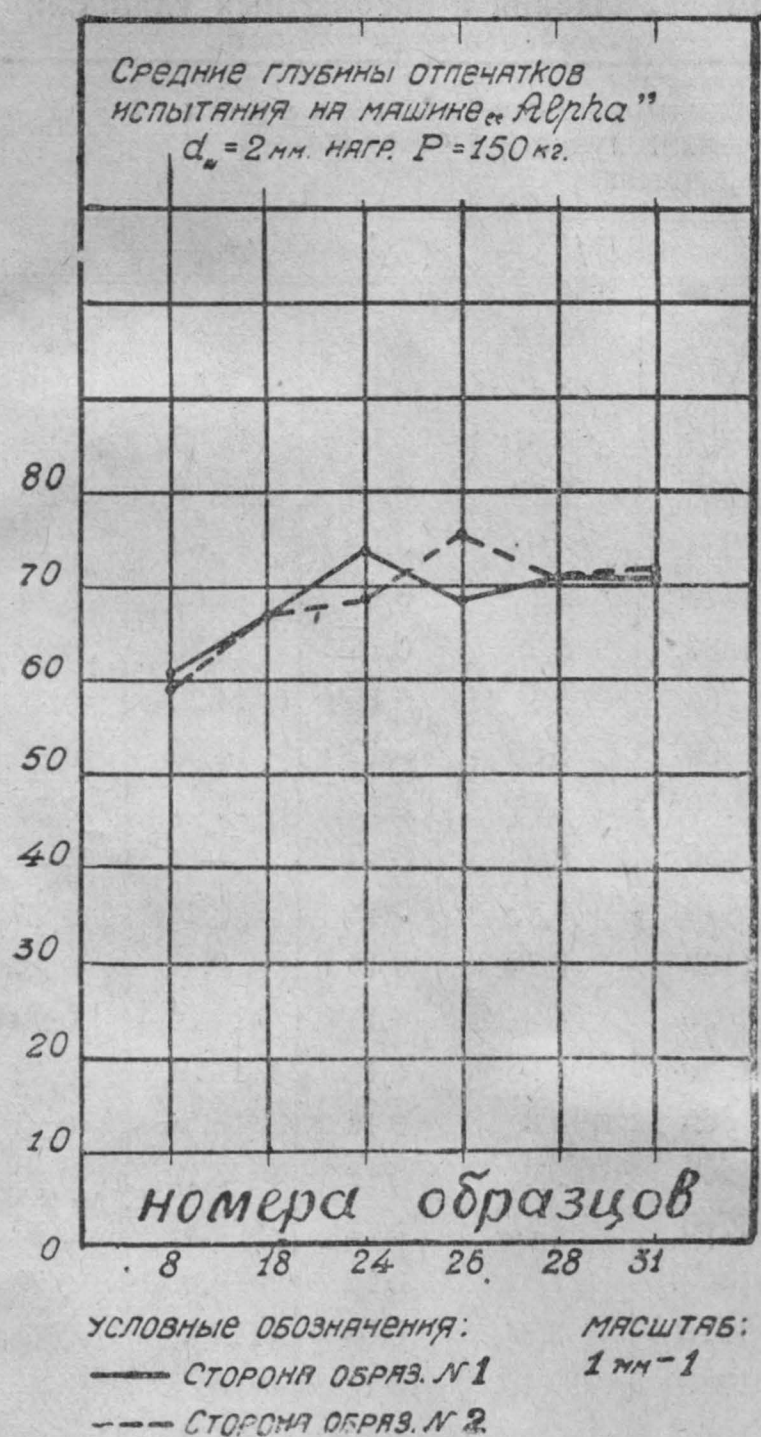
Фиг. 14.



Фиг. 15.

ления имеет, как было уже сказано выше, принципиальное значение для методики расчета. С целью выяснения соотношения работоспособности сварных образцов до предела пропорциональности и до разрыва был произведен анализ результатов, полученных при статическом разрыве.

Были спланиметрированы диаграммы растяжения до разрыва и до предела пропорциональности. Зная предел пропорциональности, полученный при испытании образцов на разрыв, величину работы (площади) до предела пропорцио-



Фиг. 16.

нальности, масштабы диаграммы, можно было определить величину абсолютного удлинения до предела пропорциональности. Полученные результаты сведены в таблицу 12 и частично графически представлены на фиг. 17 и 18.

Анализируя полученные результаты, можно заметить, что кривая (фиг. 17 и 18) изменения величины абсолютного удлинения до предела пропорциональности имеет более плавный характер, чем она же до разрыва. В таблице 12 особое внимание обращает на себя рубрика удельной работоспособности сварного шва до предела пропорционально-

Таблица 12

Площади диаграмм растяжения и абсолютных удлинений до предела текучести и до разрыва

№ образца	Площади диаграмм растяжения до предела текучести и до разрыва			Абсолютные удлинения до предела текучести и до разрыва		Удельная работа образцов	
	F мм ²	F_1 мм ²	F_2/F_1 %	Δl	Δl_0	T	T_1
1	100	1750	5,72	0,16	12,37	0,32	5,6
2	60	713	8,42	0,11	5,89	0,19	2,25
3	76,6	1910	4,01	0,14	13,86	0,24	6,04
4	90	1206	7,14	0,16	8,19	0,28	3,76
5	90	2236	4,0	0,15	16,89	0,28	7,2
6	76,6	1510	5,1	0,14	11,62	0,24	4,8
7	100	1586	6,33	0,18	13,16	0,32	5,15
8	90	1766	5,1	0,16	14,22	0,28	5,6
9	100	1900	5,26	0,17	14,36	0,31	5,9
10	96,6	2050	4,71	0,17	14,01	0,30	6,38
11	86,6	980	8,84	0,15	—	—	—
12	83,3	946	8,80	0,15	6,43	0,27	3,12
13	80	1193	6,70	0,15	9,42	0,25	3,80
14	90	1876	4,8	0,17	14,76	0,29	6,08
15	100	1680	5,95	0,18	11,94	0,32	5,32
16	80	1866	4,3	0,16	13,54	0,25	5,85
17	90	956	9,4	0,17	8,12	0,29	3,06
18	60	1260	4,75	0,12	9,26	0,19	4,00
19	63	860	7,32	0,12	6,58	0,20	2,72
20	46,6	1510	3,9	0,09	12,28	0,154	4,73
21	66,6	1220	5,46	0,13	8,51	—	—
22	73,3	1063	7,1	0,14	7,44	0,23	3,30
23	70	1436	4,88	0,14	10,11	0,22	4,60
24	76,6	1066	7,2	0,14	7,16	0,244	3,40
25	66,6	1980	3,36	0,13	14,78	0,216	6,43
26	70,0	860	8,14	0,13	7,38	0,226	2,79
27	76,6	1093	7,0	0,15	7,93	0,246	3,50
28	73,3	1030	7,12	0,14	7,59	0,236	3,31
29	86,6	1920	4,5	0,16	13,73	0,280	6,20
30	66,6	1430	4,66	0,13	10,61	0,214	4,58
31	110	1003	10,68	0,21	7,53	0,356	3,34
32	76,6	1163	6,59	0,14	9,29	0,250	3,76

Таблица 12 (окончание)

№ образца	Площади диаграмм растяжения до предела текучести и до разрыва			Абсолютные удлинения предела текучести и до разрыва		Удельная работа образцов	
	F мм ²	F_1 мм ²	F_2/F_1 %	Δl	Δl_0	T	T_1
33	70	570	12,5	0,13	5,63	0,224	1,83
34	86,6	780	11,1	0,17	6,15	0,280	2,51
001	66,6	1560	4,27	0,13	10,87	0,210	4,95
002	73,3	1516	4,84	0,14	11,08	0,233	4,82
003	100	900	11,1	0,19	6,38	0,318	2,86
004	73,3	1313	5,6	0,14	8,24	0,232	4,38
005	50	400	12,5	0,10	3,23	0,159	1,27
006	46,6	420	11,1	—	2,58	—	—
007	53,3	840	6,35	0,10	6,47	0,170	2,68
008	43,3	600	7,21	0,09	5,06	0,138	1,92
009	86,6	1480	5,85	0,15	10,12	0,276	4,72
0010	70	820	8,54	0,12	5,99	0,223	2,61
0011	66,6	1370	4,86	0,10	8,91	0,212	4,35
0012	70	1030	6,8	0,11	6,82	0,221	3,24

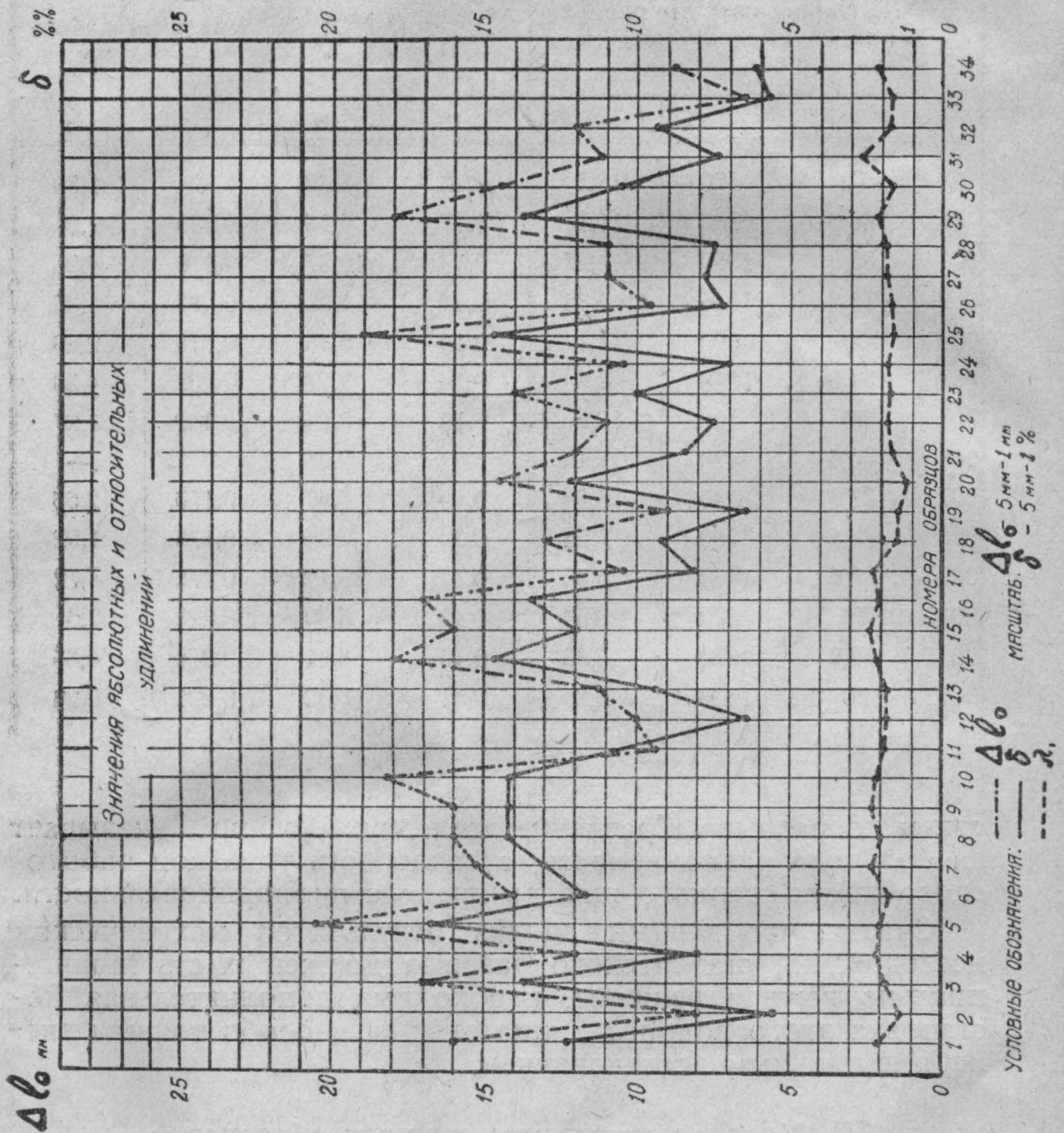
сти и до разрыва. Сравнение этих двух рубрик указывает на большую равномерность, стабильность удельной работоспособности сварного шва до предела пропорциональности.

Считая, что данный анализ результатов механических исследований статического разрыва должен иметь принципиально важное решение, необходима дополнительная постановка этого вопроса с тщательным и особо точным экспериментальным исследованием.

VI. Ударное испытание сварных образцов

Выше было изложено, что, несмотря на наплавку образцов при одном и том же режиме, одним и тем же сварщиком, электродом и проверки контрольными образцами, наплавленными другой проволокой (ревдинской) из бунта параллельно двумя сварщиками, все же неоднородность наплавленного металла осталась.

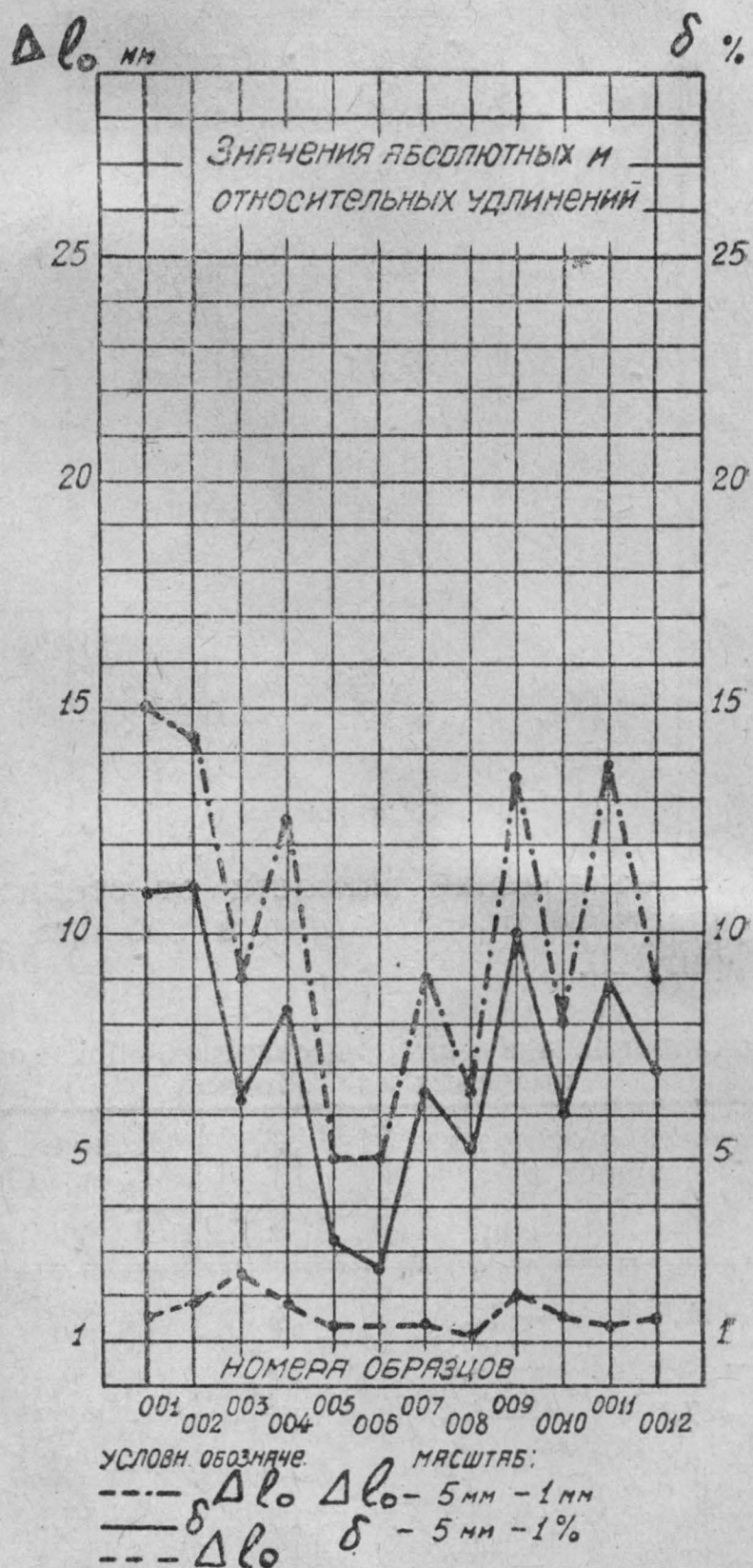
В качестве дополнительной проверки этой неоднородности было проведено исследование вязкости сварных об-



Фиг. 17.

разцов при запиле на 10 кг, копре Шарпи. Образцы были приготовлены следующим образом. Были наплавлены две планки размером $350 \times 60 \times 15$. Планки обрабатывались на шепинге точно так же, как и для подготовки к изготовлению образцов для растяжения. Из полученных двух пластин, состоящих целиком из наплавленного металла, были приготовлены 16 образцов — по 8 образцов из каждой пласти-

ны—для копра Шарпи. Размер образцов был $100 \times 100 \times 10$ мм с запилом по середине по нормам. Результаты исследования сведены в таблицу 13 и графически представлены на фиг. 19.



Фиг. 18.

Таблица 13

Вязкость сварных образцов при ударе

№ образца	T	a_K
1	36,4	0,526
2	39,8	0,576
3	38,0	0,564
4	38,45	0,567
5	60,50	0,877
6	34,0	0,500
7	39,35	0,584
8	38,0	0,565
9	50,60	0,743
10	43,60	0,656
11	44,80	0,650
12	43,70	0,645
13	48,35	0,688
14	33,20	0,497
15	37,60	0,558
16	32,40	0,466

Процентное отклонение вязкости от среднего значения для данной пластины представлено в таблице 14 и графически — на фиг. 20.

Таблица 14

Процентное отклонение вязкости для сварных образцов от среднего значения для образца

№ образца	Отклонения от средней величины в %		№ образца	Отклонения от средней величины в %	
	T	a_K		T	a_K
1	— 11,6	— 12,8	9	+ 23,0	+ 23,0
2	— 3,4	— 4,8	10	+ 5,9	+ 8,8
3	— 7,7	— 6,5	11	+ 8,7	+ 7,8
4	— 6,6	— 6,1	12	+ 6,0	+ 6,8
5	+ 46,0	+ 45,2	13	+ 17,1	+ 14,0
6	— 17,5	— 17,2	14	— 19,5	— 17,6
7	— 4,6	— 3,2	15	— 10,1	— 7,5
8	— 7,7	— 6,4	16	— 21,5	— 22,6

Последние испытания еще лишний раз подчеркнули наличие неоднородности сварных образцов, несмотря на то, что они были изготовлены из одной пластины. Таблицы и диаграммы показывают колебание удельной вязкости $+45,2$ проц., $-17,2$ проц. и также влияние на вязкость твердости образца (фиг. 19).

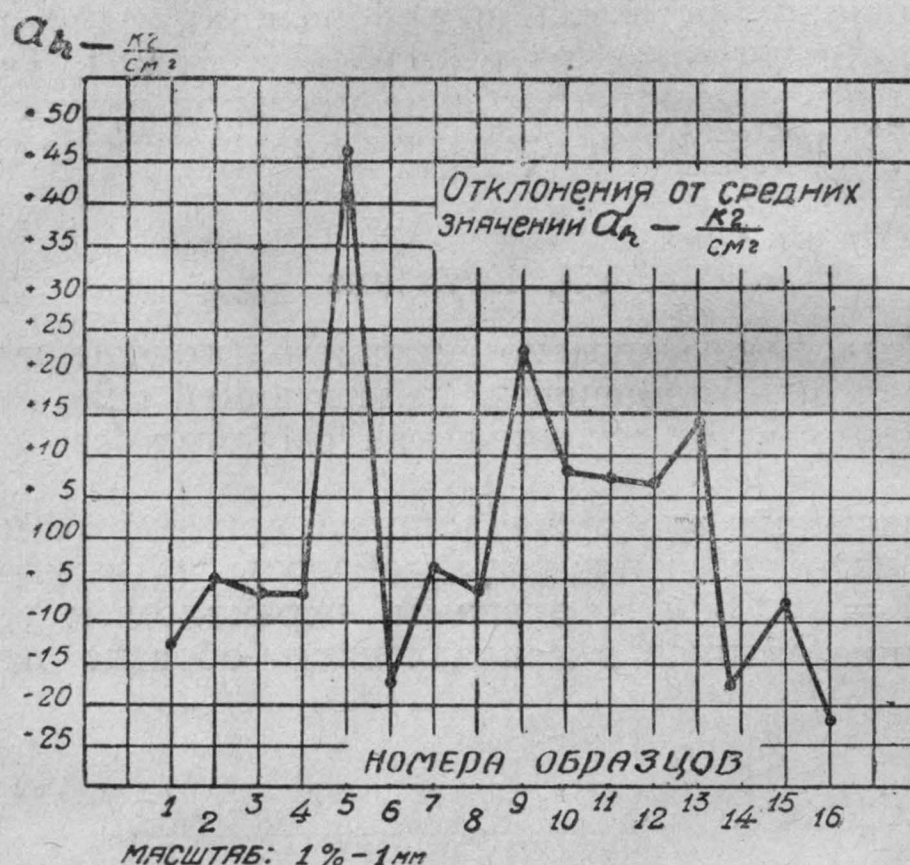
VII. Кручение

Выше было уже выяснено влияние расположения сварочных валиков по отношению к действующей силе при испытании на разрыв на механические свойства сварного образца.

Для выяснения этого же вопроса при работе на кручение были изготовлены круглые образцы с размером $d = 20$ мм, $l = 100$ мм с плавным переходом к головкам. Расположение валиков в наплавленном образце приведено в таблице 15.



Фиг. 19.



Фиг. 20.

Таблица 15

Расположение валиков в наплавленном образце для кручения

№ образца	Расположение валиков	Количество швов	Количество рядов	Сила тока А	Время	Количество израсход. электродов в кг	Примечание
1	Фланговое.	46	9	130—140	437	7,13	Электроды Белорецкие
2	"	48	9	130—140	406	7,68	
3	Лобовое	232	8	130—140	566	8,9	
4	"	218	8	130—140	507	7,75	

Испытание производилось на машине Амслера с установкой предельной мощности в 100 кг.

Результаты испытания сведены в таблицу 16 и графически представлены на фиг. 21 и 22.

Таблица 16

Испытание сварных образцов на кручение

№ образца	M	S°	σ_d	G	G ₀	П р и м е ч а н и е
1	62,3	538,1	4073,4	9,15	0,92	1) M — скручивающий момент
2	62,4	205,4	3426,2	3,49	0,35	S° — дуга
3	63,0	587,5	4016,2	9,99	1,0	σ_d — напряжение при скручивании
4	47,7	285,0	3040,6	4,84	0,49	G — абсолютное смещение
						G ₀ — относительное смещение
						2) Диаграмма для образца № 1 восстановлена приблизительно.

Среднее значение из этих испытаний приведено в таблице 17.

Таблица 17

Среднее значение механических свойств для образцов на кручение

Ш о в	M _{ср} кг	S°	σ_d кг/см ²	G	G ₀
Фланговый	62,65	562,8	4045	9,57	0,96
Лобовой	50,05	245,2	3234	4,16	0,42

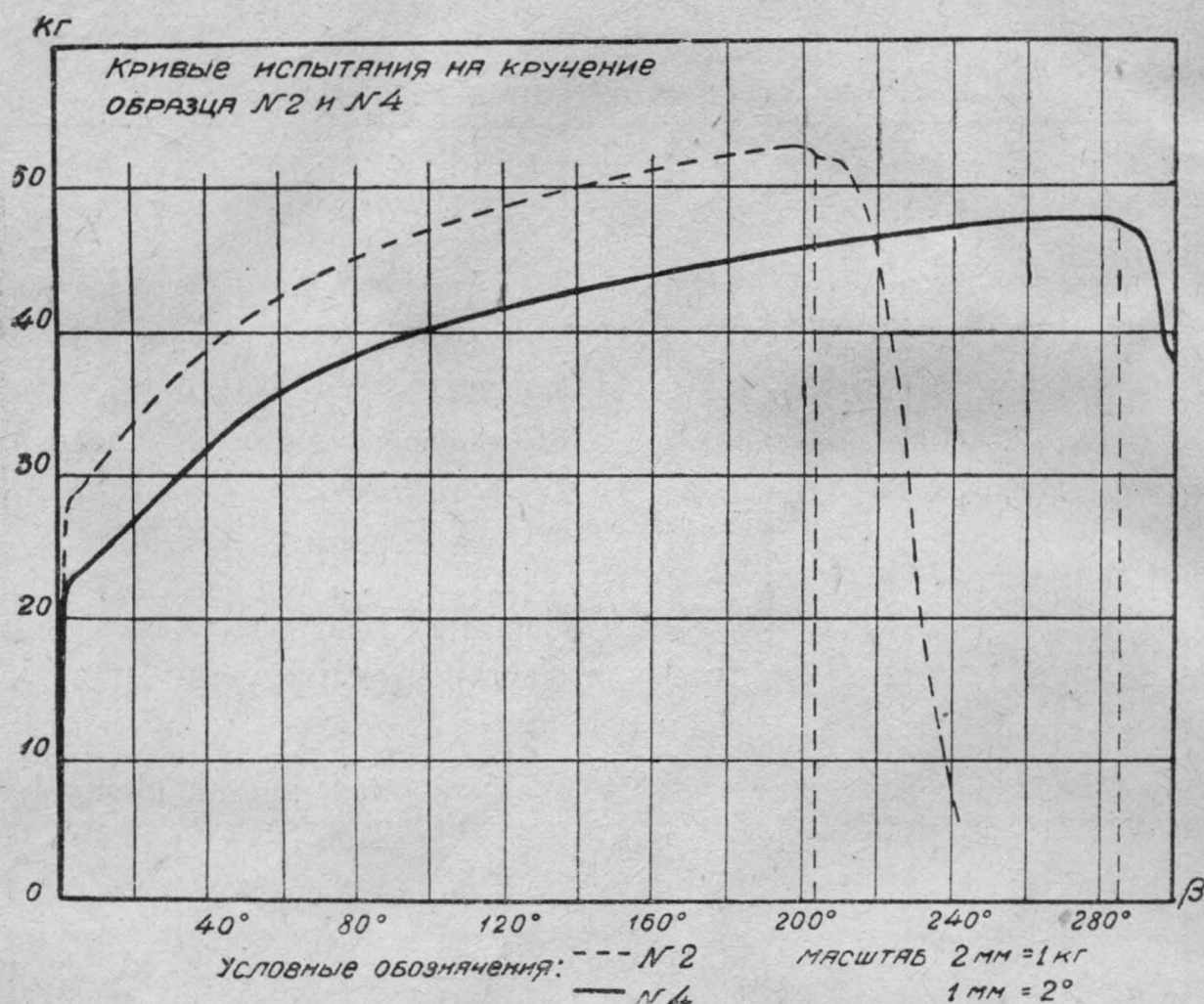
Если принять значение для флангового шва за 100 проц., то лобовой шов составит для:

момента скручивания	80,6 проц.
дуги закручивания	43,5 "
напряжения кручения	80,0 "
абсолютного смещения	43,5 "
относительного смещения	43,8 "

Цифры достаточно ясно говорят сами за себя и не требуют пояснений.

VIII. Металлографическое исследование

Для выяснения структуры наплавленного металла были изготовлены микрошлифы. При рассмотрении их под микроскопом не было замечено какой-нибудь разницы в структуре между белым блестящим изломом и темноматовым волокнистым. Просмотренные шлифы указали на наличие в металле сварного шва газовых и шлаковых включений.



Фиг. 21.

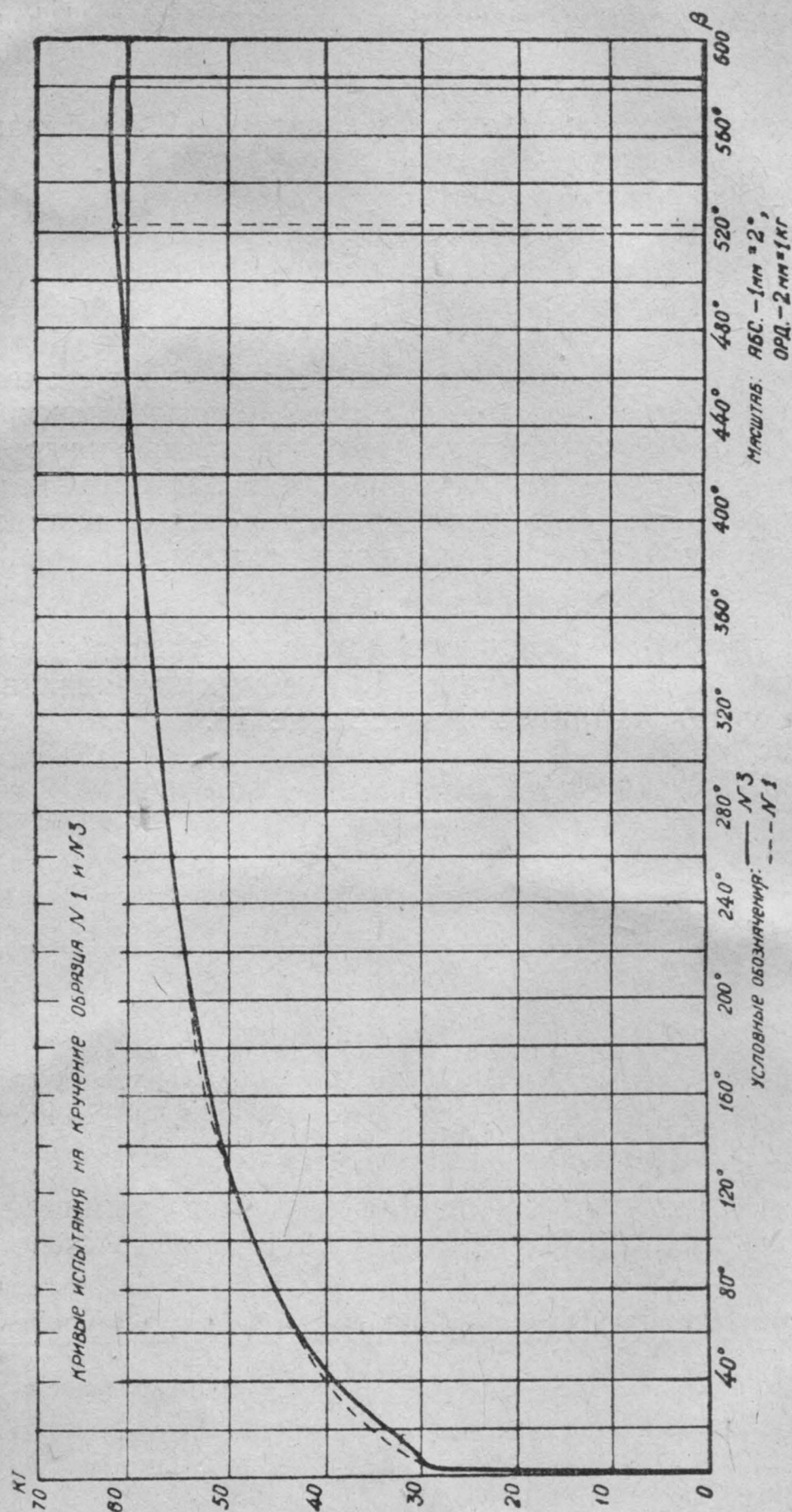
Для определения содержания нитридов и их расположения в образце шлиф нагревался в песке до цвета побежалости и затем рассматривался под микроскопом. На фиг. 23 представлен такой шлиф. При рассмотрении ряда шлифов под микроскопом и сравнении их с таблицей механических свойств, нельзя было установить связи с ними. Для выяснения этого вопроса намечено в дальнейшем более точное определение количественного содержания шлаков, газов и нитридов при помощи химического анализа.

IX. Проба Эна*

Цементации по Эну подвергались образцы разного характера излома. При рассмотрении шлифа выявились две группы:

а) Первая группа дала в заэвтектоидной зоне крупный цементит в ферритовой основе при полном отсутствии перлита. Типичный вид представляет шлиф образца № 12 (фиг. 24; ув. $\times 300$).

* Проведена под руководством проф. Ю. Грдина



Фиг. 22.

Вторая группа дала под эвтектоидным цементитным слоем перлитную зону, правда, совершенно ненормального вида — грубый пластинчатый перлит (фиг. 25; 300)

Все образцы, подвергавшиеся цементации, разбиваются по группам следующим образом:

Первая группа — образцы №№ 001, 005, 006, 12.

Вторая группа — образцы №№ 002, 6.

Промежуточное положение занимают образцы №№ 5 и 28. Теоретически можно было бы ожидать большей хрупкости от образцов с наибольшим количеством цементита, то есть первой группы, однако при сравнении их с механическими испытаниями такого строгого разграничения не замечается. Сравнивая образцы, подразделенные на группы, также нельзя разбить образцы с разным характером излома по этим группам, то есть металлографический анализ не выявил сущности «белого и черного излома».

Х. Химический анализ

Химический анализ основного металла электродов до расплавления был дан в таблице 1. Химический анализ наплавленного металла приведен в таблице 18.

Таблица 18

Химический состав наплавленных образцов

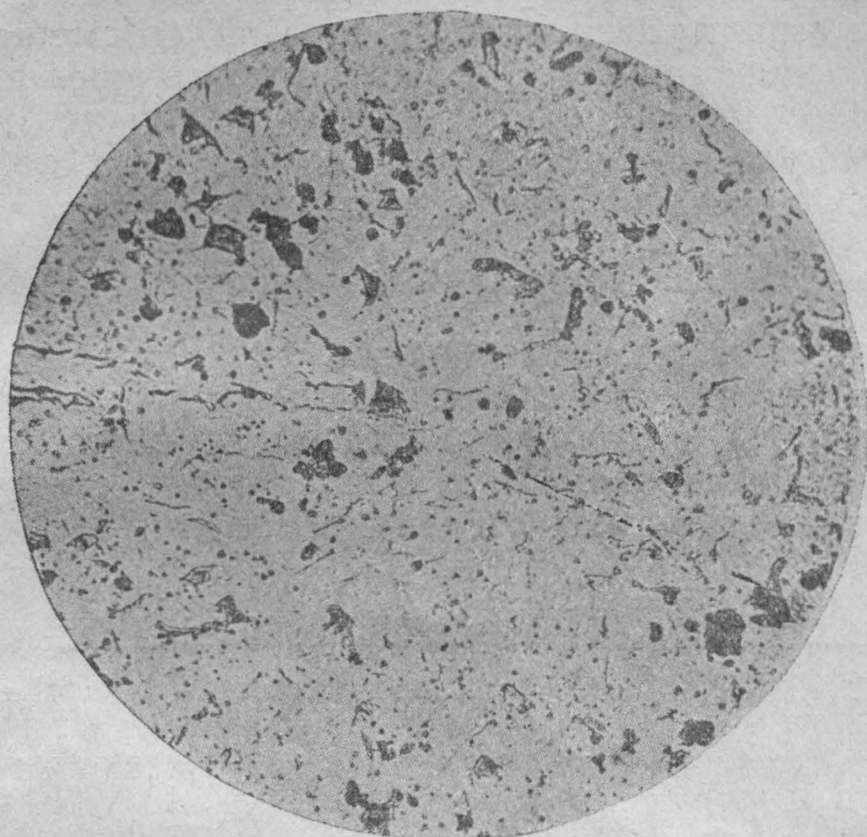
№ образца	Характеристика	C	Si	Mn	S	P	
1	Черный .	0,06	следы	0,20	0,011	0,009	По углероду проба не однородна
12	Белый. .	0,04	0,02	0,12	0,011	0,006	
28	Черный .	0,05	следы	0,10	0,015	0,009	
28	Белый. .	0,063	0,01	0,13	0,014	0,006	

Интересно сопоставить средние значения химического состава с их колебаниями, представленными в таблице 19.

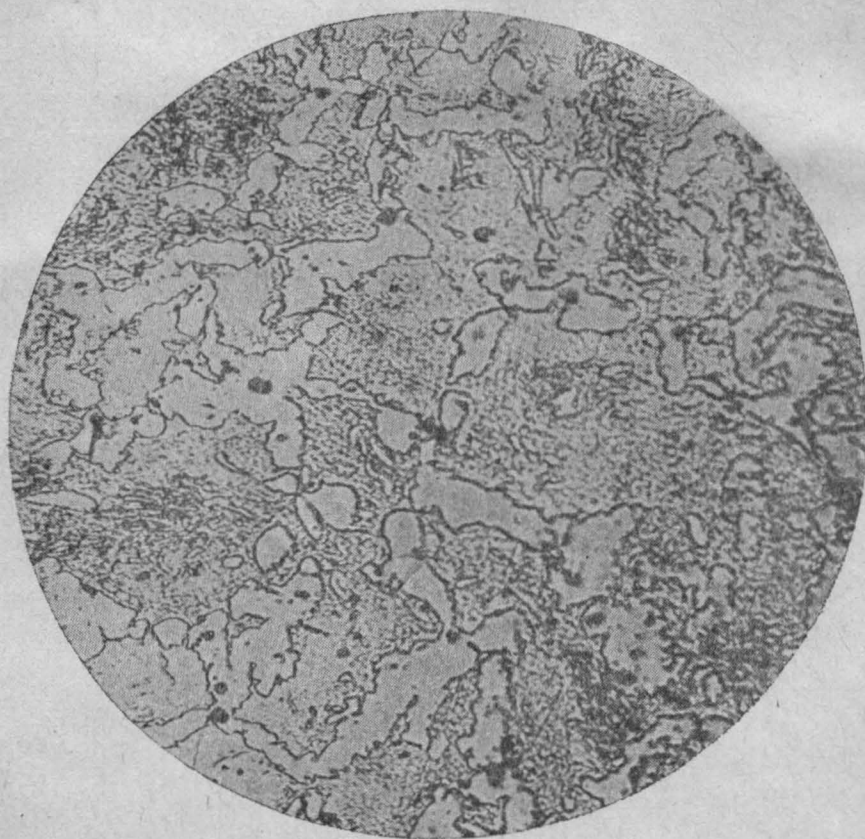
Таблица 19

Колебание содержания углерода в образце при его определении

№ образца	C %	Характер излома
1	0,05	Черный
28	0,060	Белый
28	0,022	
28	0,071	Черный



Фиг. 23.



Фиг. 24.

Колебание содержания углерода в образце имеет особенно большие амплитуды для образца № 28 со смешанным изломом. На основании этого можно сделать предположение, что в основном неоднородность образца зависит от электрометаллургического процесса наплавки образца, регулировку которого осуществляет рука сварщика.

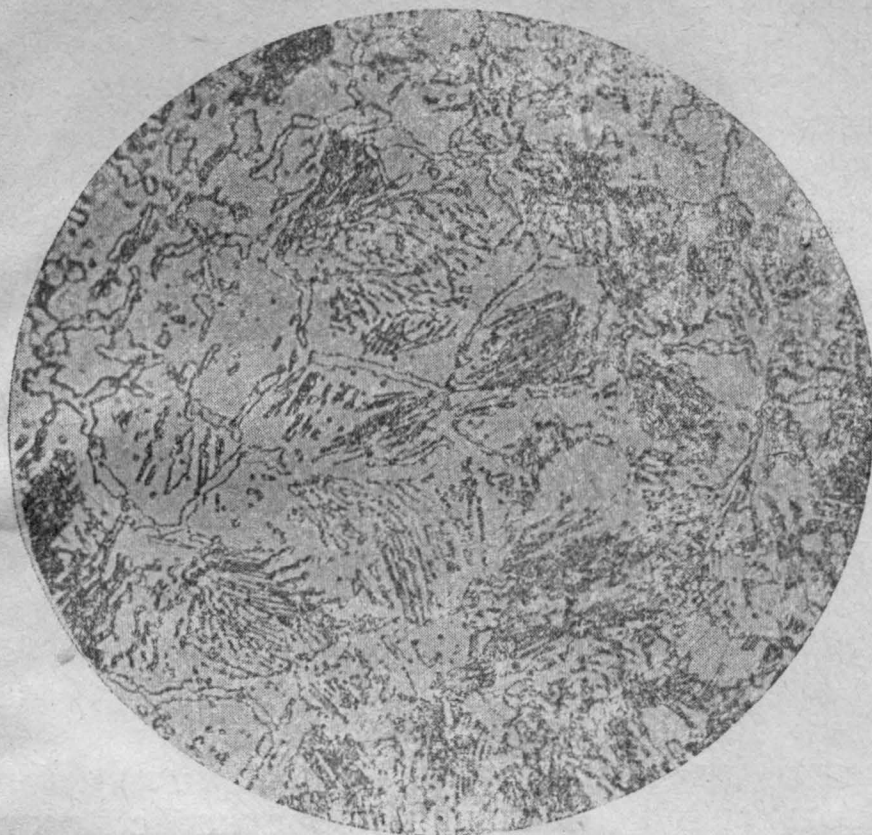
XI. Термический анализ

Для выяснения распределения и величины температуры при наплавке образцов были измерены температуры посредством термопары и милливольтметра. Температура измерялась в начале, в середине и в конце, после каждого наложенного шва. Результаты сведены в таблицу 20.

Таблица 20

Распределение температуры по образцу

Ряд	№ шва	Г р а д у с ы		
		Начало	Средина	Конец
1	1	242	300	357
	2	300	340	422
	3	315	350	383
	4	339	355	353
	5	303	339	322
	6	338	339	340
	7	320	340	341
	8	320	340	340
	9	242	300	357
2	10	300	340	422
	11	315	350	383
	12	330	355	353
	13	303	339	322
	14	338	339	340
	15	320	340	341
	16	320	340	340
	17	302	335	340
	18	340	340	345
3	19	302	340	340
	20	325	339	339
	21	298	335	340
	22	318	339	320
	23	300	310	330
	24	310	290	278
	25	299	285	310



Фиг. 25.

Рассматривая эту таблицу, можно заметить, что образец в течение всего времени наплавки имел в среднем температуру $310-315^{\circ}\text{C}$.

Середина второй полки уголка имела температуру 180°C .

ВЫВОДЫ

Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1) Ручная сварка с большим объемом наплавленного металла не обеспечивает его однородность и дает значительные колебания его механических свойств.

2) Расположение наплавки сварного валика под различным углом к действующей силе и в различной комбинации к ней оказывает влияние на механические свойства сварного шва. Наилучшими механическими свойствами обладает фланговый шов как при статическом разрыве, так и особенно при кручении.

3) Применение очистки зубилом и ручной щеткой дает сварной шов лучшего качества, чем только одной механической щеткой.

4) Попеременное изменение наплавки сварного шва оказывает некоторое повышение механических свойств его,

что, вероятно, объясняется уменьшением внутренних напряжений.

5) Неоднородность сварного шва подтверждается всеми методами исследования.

6) Из всех механических характеристик наибольшее колебание показывают удлинение (± 40 проц.) и прочность разрыва (± 6 проц.). Заметна «аналогия кривых» твердости вязкости и относительного удлинения.

7) Анализ результатов статического исследования изгибу показывает, что абсолютное удлинение и удельная работоспособность образца до предела пропорциональности имеют более плавный характер, чем до разрыва.

8) Из пунктов 6 и 7 вытекает принципиальный вопрос о верности метода расчета по разрушению, как это принято сейчас.

Такой метод не обеспечивает принятый запас прочности. Вследствие значительных колебаний вязкости образца в сторону минимума запас этот снижается.

Ввиду важности и принципиальности этого вопроса необходима его экспериментальная проверка с применением особо точных приборов и исследования значительного количества образцов.



ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

и поступили в продажу следующие издания
Сибирского металлургического института:

1. Проф. Л. П. Владимиров, Алюминиевый метод определения кислорода в стали. (Эксперимент. иссл.). Цена 1 р. 50 к.
2. Проф. Л. П. Владимиров, Связь между закисью железа и углеродом в ванне мартеновской печи. Цена 2 р.
3. Проф. Л. П. Владимиров, Технологические основы интенсификации мартеновского процесса. Цена 2 р.
4. Проф. Л. П. Владимиров, Металлургическая оценка доломитов Кузнецкого района. Цена 1 р. 50 к.
5. Проф. Л. П. Владимиров, Исследование обжига доломита на Кузнецком заводе. Цена 2 р.
6. Инж. Д. С. Хорунов, проф. И. А. Соколов, инж. А. И. Александров, Дальневосточные руды, ч. 1. Исследование железных руд Мало-Хинганских месторождений. Цена 2 р.
7. Инж. Д. С. Хорунов, проф. И. А. Соколов, инж. С. И. Голосов, Дальневосточные руды, ч. II. Исследование железных руд Ольгинского месторождения. Цена 1 р. 50 к.
8. Инж. Д. С. Хорунов, инж. П. И. Паско, инж. С. И. Голосов, Дальневосточные руды, ч. III. Исследование железных руд Кимканского месторождения. Цена 1 р. 50 к.
9. Проф. Л. П. Владимиров, Зависимость между формой миксера и сохранением температуры чугуна в нем. Цена 3 р.
10. Проф. Л. П. Владимиров, Профиль и размеры ванны мартеновской печи. Цена 3 р.
11. Период заливки чугуна в печь и явление вспышек, выбросов шлака и взрывов. Цена 1 р. 50 к.
12. Ю. В. Грдина, Кинетическая теория эвтектических сплавов. Цена 5 р.
13. Инж. Д. С. Груздев, Режим термической обработки рельсов Кузнецкого завода им. И. В. Сталина. Цена 2 р.
14. Ю. В. Грдина, инж. Э. Х. Шамовский, Приварка подкладок к рельсам. Цена 2 р.
15. Инж. Н. Н. Шубина и Ю. В. Грдина, Сорбитизация концов рельсов Кузнецкого завода им. тов. Сталина. Цена 2 р. 50 к.
16. Инж. Е. К. Вяткин, инж. С. И. Голосов, Влияние на стойкость магнетитового пода физико-химических изменений состава его. Цена 2 р.

Брошюры высылаются наложенным платежом за счет заказчика. Заказы направлять по адресу: г. Сталинск, Новосибирской области, Научно-исследовательский сектор Сибирского металлургического института.

Цена ~~X~~ 2 руб.

0-20

7613