

Лабораторная работа №7

Влияние сварочного нагрева на рост размера зерна аустенита.

Цель работы: изучение методов определения величины зерна аустенита и оценка влияния на него параметров термического цикла сварки.

Теоретическая часть

Кинетика роста зерна аустенита может быть исследована на образцах размерами $10 \times 10 \times 15$ мм с применением метода фиксации структуры. Серию образцов нагревают в цилиндрическом индукторе генератора токов высокой частоты по термическим циклам, характерным для различных способов сварки (рис.4.29). По достижении температур, указанных на термических циклах точками, образцы закаливают в воду. Это позволяет зафиксировать размер зерна аустенита при различных максимальных температурах нагрева. Регистрацию температуры осуществляют с помощью хромель-алюмелевых термопар диаметром 0,3 мм, приваренных к образцу, и контролирующего прибора.

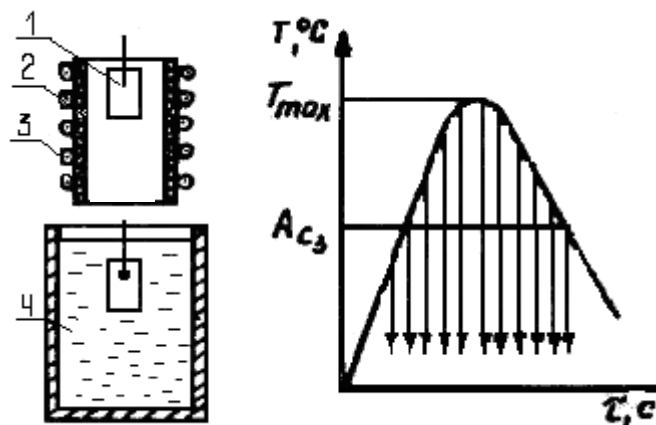


Рис.4.29

Схема имитации термических циклов: 1- образец, 2 – кварцевая трубка, 3 – индуктор, 4 – охладитель.

Для выявления и определения размера зерна аустенита применяют ГОСТ 5639. В соответствии с указанным ГОСТом зерно аустенита углеродистых и легированных сталей принято выявлять на закаленных на мартенсит или бейнит образцах методом травления. В случае если граница зерна видна не четко, то рекомендуется после закалки подвергать образцы из углеродистых и низколегированных сталей отпуску при температуре 225-250 °С. После термической обработки с образцов снимают обезуглероженный слой и изготавливают микрошлифы, которые подвергают травлению в 2 – 4 % раствора азотной кислоты в этиловом спирте или в свежеприготовленном, насыщенном при комнатной температуре водном растворе пикриновой кислоты с добавлением 1 – 10 % поверхностно-активных веществ (ПАВ) типа “синтол” или моющих средств (алкилсульфонатных соединений). Травление

в указанных реактивах производят при комнатной температуре в течение 5 – 30 с в случае азотной кислоты и 5 – 30 мин. в случае пикриновой кислоты.

Определение среднего размера зерна аустенита.

Величину зерна определяют под микроскопом одним из следующих методов:

а) визуальным сравнением видимых под микроскопом зерен при увеличении в 100 раз с эталонными изображениями шкал, приведенных в ГОСТе 5639 (приложение 1);

б) подсчетом количества зерен, приходящихся на единицу поверхности шлифа;

в) измерением среднего условного диаметра зерен или количества зерен в 1 мм^3 .

Отмеченные методы можно применять для оценки величины зерна имеющего форму, близкую к равновесной, а метод, связанный с измерением среднего условного диаметра, можно использовать также для оценки зерен удлиненной формы.

В случае применения метода подсчета количества зерен, приходящихся на единицу поверхности шлифа, величину равноосных зерен определяют на матовом стекле камеры микроскопа или на микрофотографиях, где ограничивают поле зрения окружностью диаметром 79,8 мм (что соответствует площади на шлифе $0,5 \text{ мм}^2$). Увеличение следует подбирать так, чтобы на исследуемой поверхности насчитывалось не менее 50 зерен.

Подсчитывают количество зерен, целиком попавших внутрь окружности (m), и количество зерен, частично попавших внутрь окружности, т. е. пересеченных ею (m_1).

Общее количество зерен на площади круга $0,5 \text{ мм}^2$ при увеличении 100^\times находят по формуле:

$$m_{100} = m + 0,5m_1 \quad (4.29)$$

Количество зерен, приходящихся на 1 мм^2 площади шлифа M находят по формуле:

$$M = 2 \cdot m_{100} \quad (4.30)$$

При других увеличениях, отличных от 100^\times , M будет равно:

$$M = 2 \cdot (g/100)^2 \cdot m_g \quad (4.31)$$

где: g – применяемое увеличение;

m_g – количество зерен при увеличении g .

По оценкам не менее трех наиболее характерных для данного шлифа полей зрения находят среднее количество зерен $M_{\text{ср}}$.

Среднее значение площади зерна ($S_{\text{ср}}$) и диаметр зерна ($d_{\text{ср}}$) вычисляют по формулам:

$$S_{\text{ср}} = 1 / M_{\text{ср}} \quad (4.32)$$

$$d_{\text{ср}} = 1 / \sqrt{M_{\text{ср}}} \quad (4.33)$$

Сравнением полученных данных M_{cp} , S_{cp} , или d_{cp} с данными соответствующих параметров таблицы 1 определяют номер зерна.

Величину равноосных зерен методом измерения среднего условного диаметра или количества их в 1 мм^3 определяют на матовом стекле или микрофотографии, где проводят несколько прямых линий в прямом направлении произвольной длины (например, 80 или 100 мм, что соответствует при увеличении $100\times$ длине 0,8 или 1 мм на шлифе). Длину прямых линий выбирают с таким расчетом, чтобы каждая из них пересекла не менее 10 зерен, при этом увеличение подбирают так, чтобы на исследуемой поверхности было не менее 50 зерен.

Подсчитывают точки пересечения прямых линий с границами зерен (зерна на концах прямой, не пересеченные ею целиком, принимают за одно зерно), после чего определяют суммарную длину отрезков, выраженную в миллиметрах натуральной величины на шлифе ΣL , и суммарное число пересеченных зерен Σn . Частное от деления первой суммы на вторую дает значение среднего условного диаметра зерна $d_{усл}$.

$$d_{усл} = \frac{\Sigma L}{\Sigma n} \quad (4.34)$$

В случае измерения величины зерен неравноосной формы на микрофотографиях, полученных с продольных шлифов, проводят прямые линии по трем направлениям, соответствующим осям симметрии, из которых два должны быть взаимно перпендикулярными. Одна из прямых линий должна быть направлена параллельно оси вытянутых зерен.

Качество зерен (n) в 1 мм^3 вычисляют по формуле:

$$n = 0,7 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n \quad (4.35)$$

где: 0,7 – коэффициент, учитывающий неравноосность зерен

n_1 – число зерен, пересеченных прямой, проведенной вдоль главной оси вытянутых зерен на 1 мм длины;

n_2 и n_3 – число зерен, пересеченных двумя другими отрезками на 1 мм длины.

Величины $d_{усл}$ или n определяют как среднее арифметическое оценок по трем полям зрения, при этом в каждом поле зрения проводят не менее трех прямых.

Сравнением полученных данных: величины среднего условного диаметра зерен $d_{усл}$ (при оценке равноосных зерен) и среднего количества зерен в 1 мм^3 (при оценке вытянутых зерен) с данными соответствующих параметров по таблицы 4.12 определяют стандартный номер зерна.

Таблица 4.12

Стандартные параметры размеров зерен по ГОСТ 5639

№ зерна	Площадь зерна, мм ²			Количество зерен на площади 1 мм ²			Среднее количество зерен в 1 мм ³	Средний диаметр зерна по расчету, мм	Средний условный диаметр зерна, мм
	Наименьшая	Средняя	Наибольшая	Наименьшее	Среднее	Наибольшее			
-3	0,640	1,0	1,280	0,75	0,875	1,5	1	1,0	0,875
-2	0,320	0,5	0,640	1,5	0,650	3	2,8	0,707	0,650
-1	0,160	0,25	0,320	3	0,444	6	8	0,500	0,444
0	0,080	0,125	0,160	6	0,313	12	22,6	0,353	0,313
1	0,040	0,0625	0,080	12	0,222	24	64	0,250	0,222
2	0,020	0,0312	0,040	24	0,157	48	181	0,177	0,157
3	0,010	0,0156	0,020	48	0,111	96	512	0,125	0,111
4	0,005	0,00781	0,010	96	0,0783	192	1448	0,088	0,0783
5	0,0025	0,00390	0,005	192	0,0553	384	4096	0,062	0,0553
6	0,00125	0,00195	0,0025	384	0,0391	768	11585	0,044	0,0391
7	0,000625	0,00098	0,00125	768	0,0267	1536	32768	0,031	0,0267
8	0,000312	0,00049	0,000625	1536	0,0196	3072	92682	0,022	0,0196
9	0,000156	0,000244	0,000312	3072	0,0138	6144	262144	0,015	0,0138
10	0,000078	0,000122	0,000156	6144	0,0099	12288	741485	0,011	0,0099
11	0,000039	0,000061	0,000078	12288	0,0069	24576	2097152	0,0079	0,0069
12	0,000019	0,000030	0,000039	24576	0,0049	49152	5931008	0,0056	0,0049
13	0,000010	0,000015	0,000020	49152	0,0032	98304	16777216	0,0039	0,0032
14	0,000005	0,000008	0,000010	98304	0,0027	196608	47449064	0,0027	0,0027

Рассмотрим пример измерения среднего условного диаметра зерна аустенита (рис 4.30). Проведем в различных направлениях 5 линий. Длина каждого отрезка при увеличении $100\times$ составляет 110 мм, что соответствует натуральной длине 1,1 мм на шлифе. Тогда $\Sigma L = 1,1 \cdot 5 = 5,5$ мм. Допустим, что число пересечений границ зерен с каждой прямой составило: $n_1=16$, $n_2=14$, $n_3=16$, $n_4=19$, $n_5=18$.

Суммарное число пересечений $\Sigma n=16+14+16+19+18 =83$. Средний условный диаметр зерна $d_{\text{усл}}$, рассчитанный по формуле (8), составит 0,066 мм. Определяем по таблице 4.12 номер зерна. В нашем примере он соответствует № 4-5.

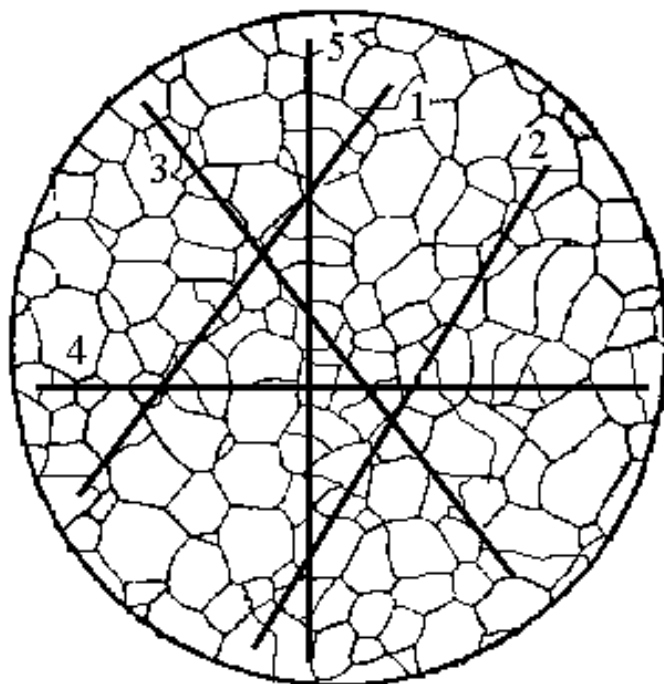


Рис.4.30.

Пример определения среднего условного диаметра зерна методом подсчета пересечений границ зерен.

Методы компьютерного анализа зерна аустенита.

Новое поколение вычислительной техники позволило создать аппаратно-программный комплекс, позволяющий получить изображение исследуемых объектов (микроструктура металла) с последующим их сохранением и анализом по многим параметрам.

В данной работе используется программы, с помощью которых можно:

- определить условный диаметр зерна аустенита;
- построить гистограмму распределения зерен по размеру;
- определить протяженность границ зерен;
- проанализировать параметры отдельных зерен аустенита.

Порядок выполнения лабораторной работы.

1. Ознакомиться с методикой выполнения работы.
2. С использованием установки ТВЧ произвести нагрев и охлаждение серии образцов по термическим циклам для ОШУ ЗТВ, соответствующим автоматической дуговой и электрошлаковой сварке стали толщиной 10 и 40 мм. Параметры воспроизводимых термических циклов приведены в табл. 4.13

Таблица 4.13

Вариант сварки	Значения параметров термического цикла сварки				
	$T_{\max}, ^\circ\text{C}$	$w_{\text{н}}, ^\circ\text{C}/\text{с}$	Длительность пребывания выше $A_{c3}, ^\circ\text{C}$		
			$t_{\text{н}}$	t'	t''
АДСФ	1350	150	20	3	17
ЭШС	1350	10	195	45	150

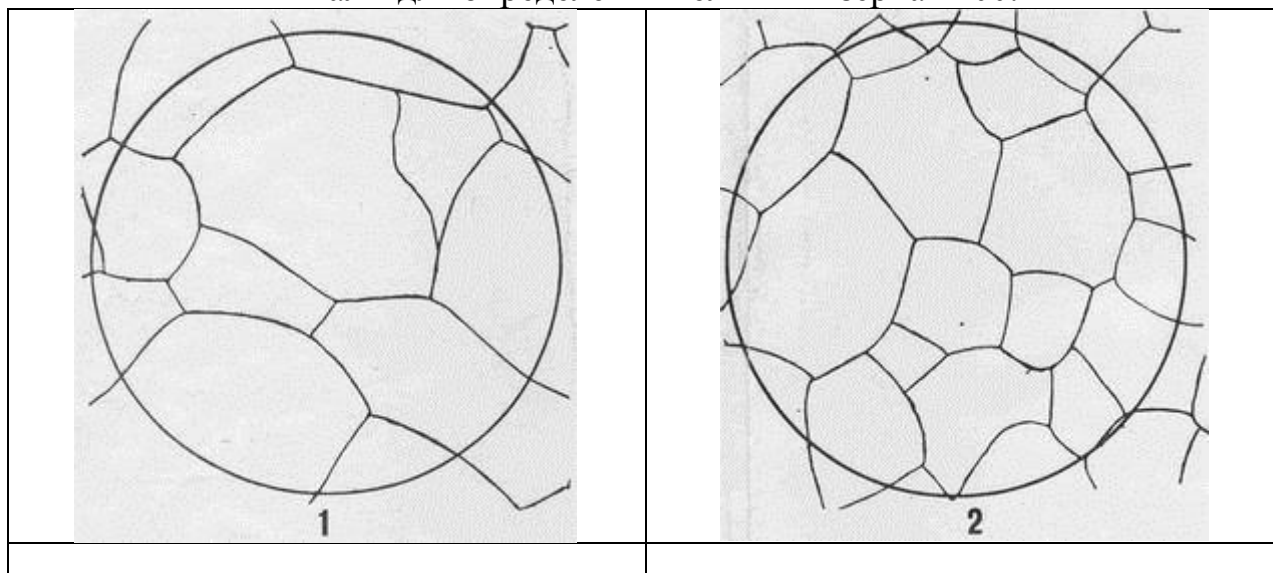
Произвести закалку образцов в воду со следующих температур:

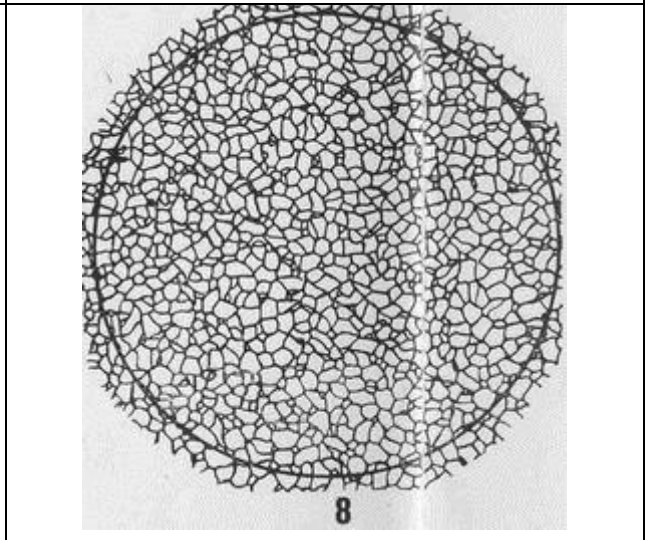
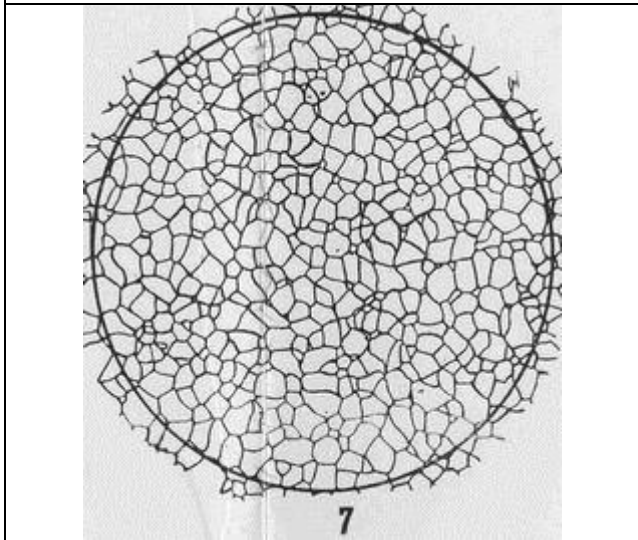
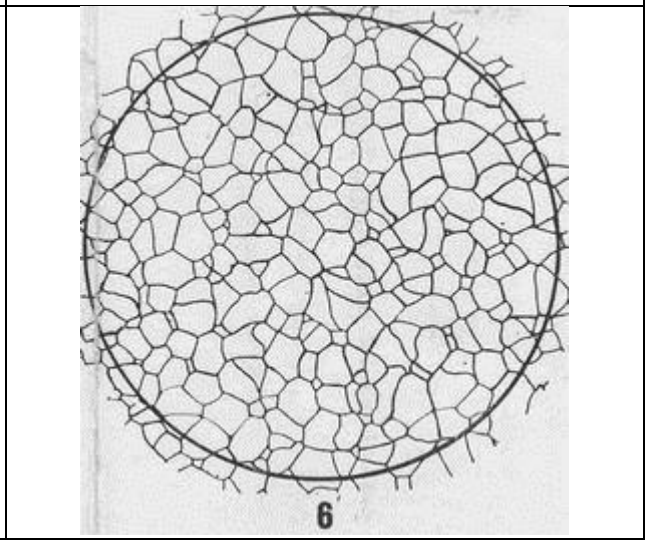
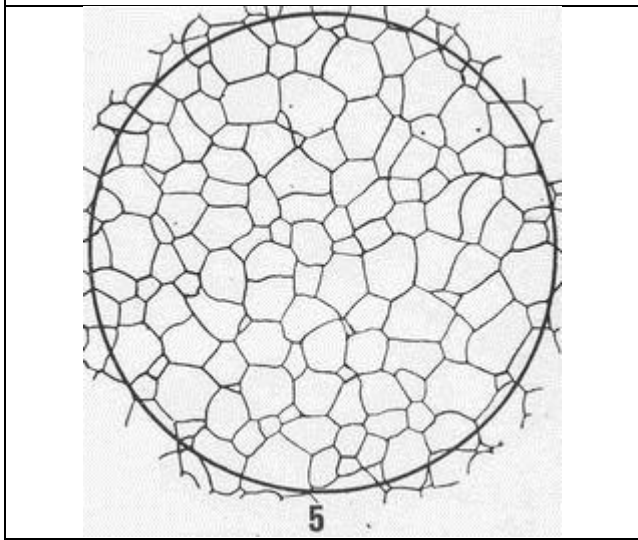
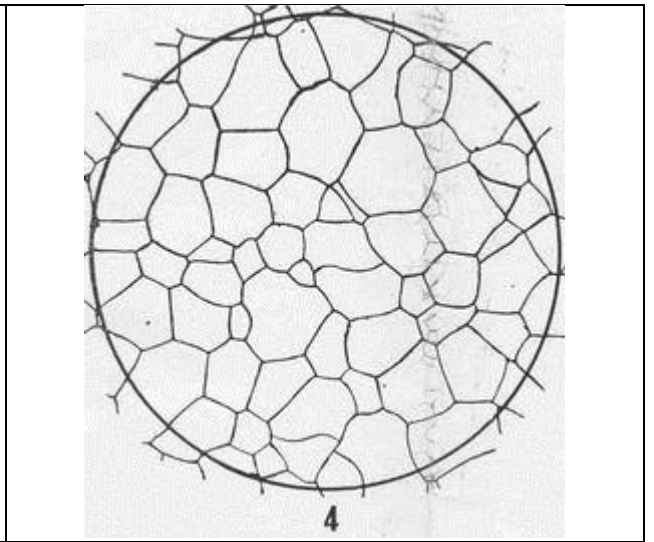
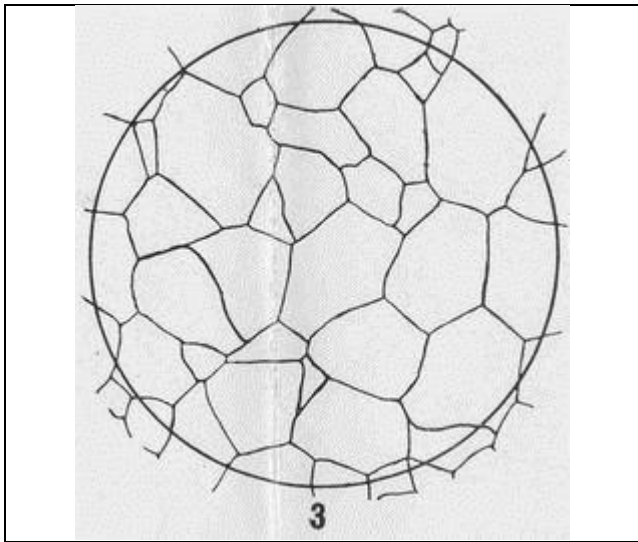
- на стадии нагрева: 950°C , 1050°C , 1150°C , 1250°C , 1350°C ,
- на стадии охлаждения: 1300°C , 1250°C , 1150°C .

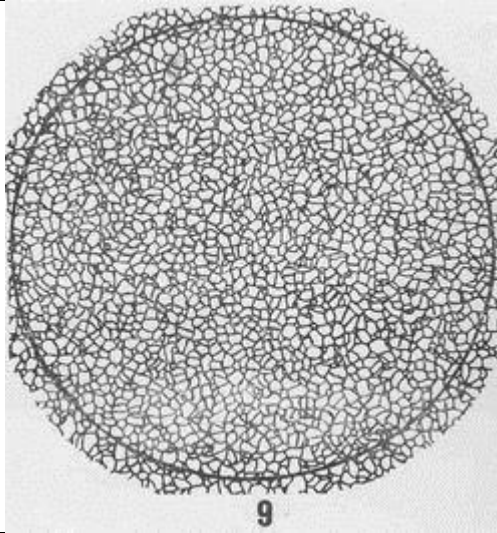
3. Подготовить микрошлифы для исследования.
4. При помощи микроскопа просмотреть набор микрошлифов, иллюстрирующих рост зерна аустенита при нагреве стали аустенитного класса.
5. Получить вариант задания: набор фотографий микроструктур зафиксированных при закалке образцов в воду от максимальных температур сварочного нагрева 950 , 1050 , 1150 , 1250 , 1350°C .
6. В соответствии с требованиями ГОСТ 5639 определить средний условный диаметр зерна аустенита и построить зависимость его изменения от максимальной температуры нагрева.
7. Выполнить компьютерный анализ микроструктуры.
8. Проанализировать результаты работы, сделать выводы.

Приложение 1

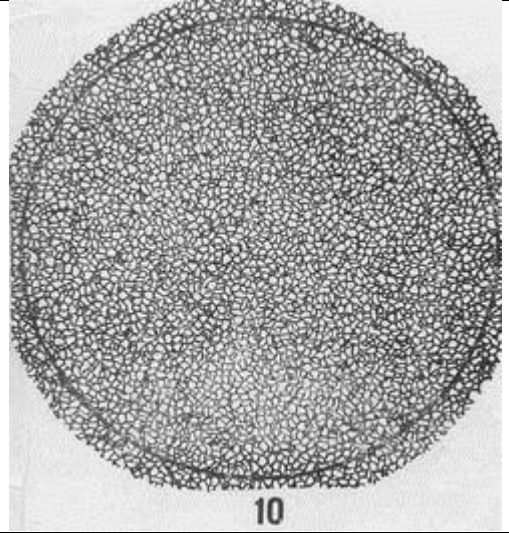
Шкалы для определения величины зерна $\times 100$.







9



10