

球墨铸铁金相检验

GB 9441—88

Metallographic test for spheroidal graphite cast iron

1 主题内容与适用范围

本标准规定用光学金相显微镜来评定球墨铸铁的显微组织。

本标准对球化分级、石墨大小、珠光体粗细、珠光体数量、分散分布的铁素体数量、磷共晶数量和渗碳体数量的评定方法作了规定，列出了评级图。

本标准适用于评定普通和低合金球墨铸铁铸态，正火、退火态的显微组织。

2 试样的制备

2.1 金相试样应在与铸件同时浇注、同炉热处理的U型、Y型、敲落试块或附铸试块上截取，也可在铸件有代表性的部位上截取。

2.2 截取和制备金相试样过程中应防止组织发生变化，试样表面应光洁，不允许有粗大的划痕。

3 检验规则

3.1 试样抛光后检验石墨，经2%~5%硝酸酒精溶液浸蚀后检验基体组织，放大倍数除评定珠光体粗、细为500倍外，其余检验项目均为100倍。

3.2 检验球化分级时，应首先观察整个受检面，然后从差的区域开始，连续观察五个视场，以其中三个差的视场的多数对照级别图评定；检验石墨大小、珠光体数量，分散分布的铁素体数量时，应以大多数的视场对照相应的级别图评定；检验磷共晶及渗碳体的数量时，应以含量最多的视场评定。

3.3 检验结果表示方法：球化分级以石墨形态及其分布和球化率来划分，评定时以球化级别或球化率表示；石墨大小以级别表示；珠光体粗细，以渗碳体和铁素体的片间距来划分，以相应的级别名称表示；珠光体数量、分散分布的铁素体数量、磷共晶数量以及渗碳体数量用相应的级别名称或百分数来表示。

4 检验项目和评级图

4.1 球化分级和评定

4.1.1 按石墨的面积率划分石墨形态，面积率大于或等于0.81为球状石墨；面积率0.80~0.61为团状石墨；面积率0.60~0.41为团絮状石墨；面积率0.40~0.10为蠕虫状石墨；面积率小于0.10为片状石墨。

4.1.2 根据石墨形态及其分布和球化率，参考其对机械性能影响的趋势和工艺特点，将球化分为六级，见表1和图1~6。

4.1.3 球化率计算方法按附录A（补充件）。

表 1 球化分级

球化级别	说 明	图 号
1 级	石墨呈球状, 少量团状, 允许极少量团絮状, 球化率不低于95%	1
2 级	石墨大部分呈球状, 余为团状和极少量团絮状, 球化率90%到小于95%	2
3 级	石墨大部分呈团状和球状, 余为团絮状, 允许有极少量蠕虫状, 球化率80%到小于90%	3
4 级	石墨大部分呈团絮状和团状, 余为球状和少量蠕虫状, 球化率70%到小于80%	4
5 级	石墨呈分散分布的蠕虫状和球状、团状、团絮状, 球化率60%到小于70%	5
6 级	石墨呈聚集分布的蠕虫状和片状及球状、团状、团絮状	6

球化分级图 (100×)

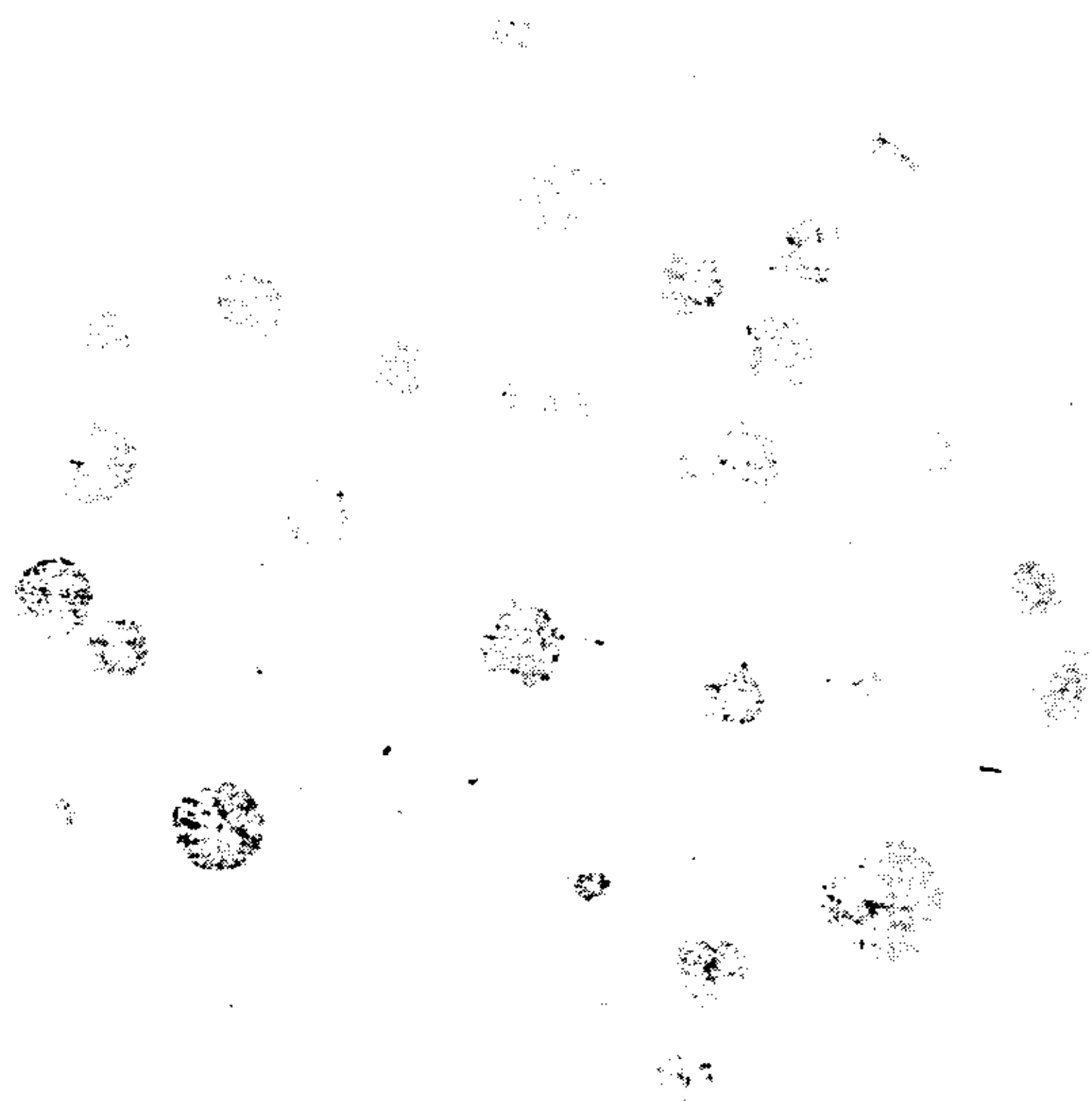


图 1 1 级

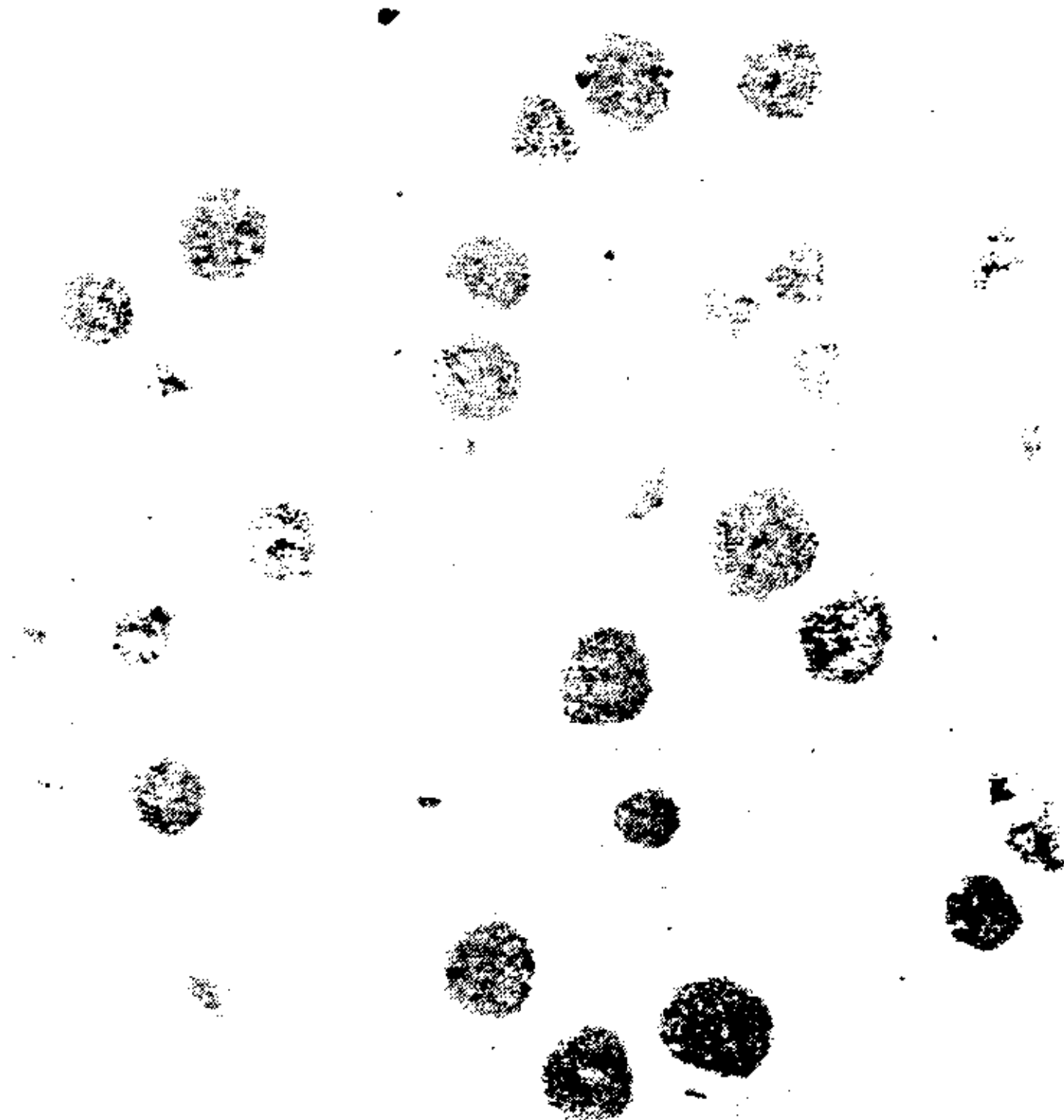


图 2 2 级



图 3 3 级

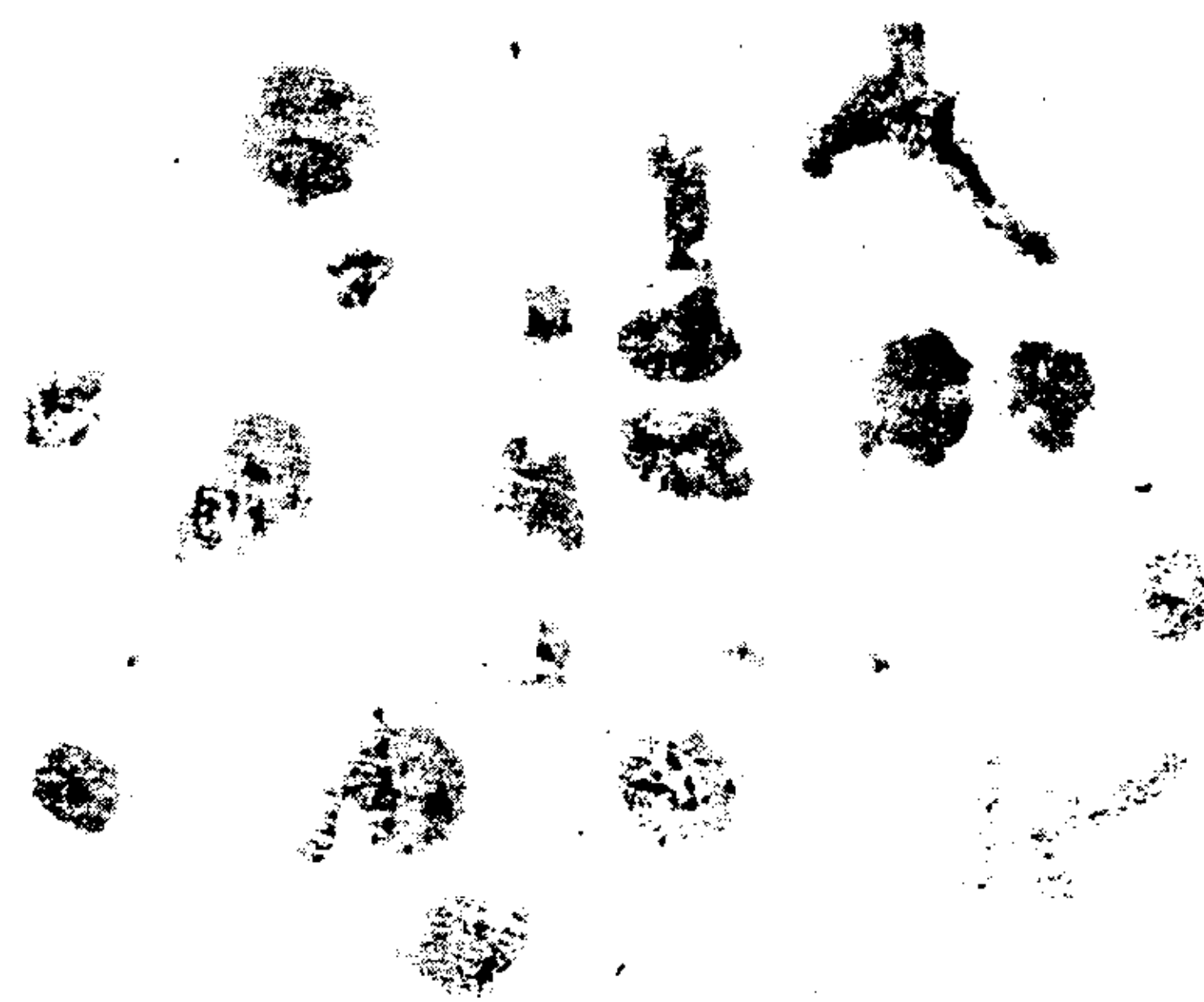


图 4 4 级

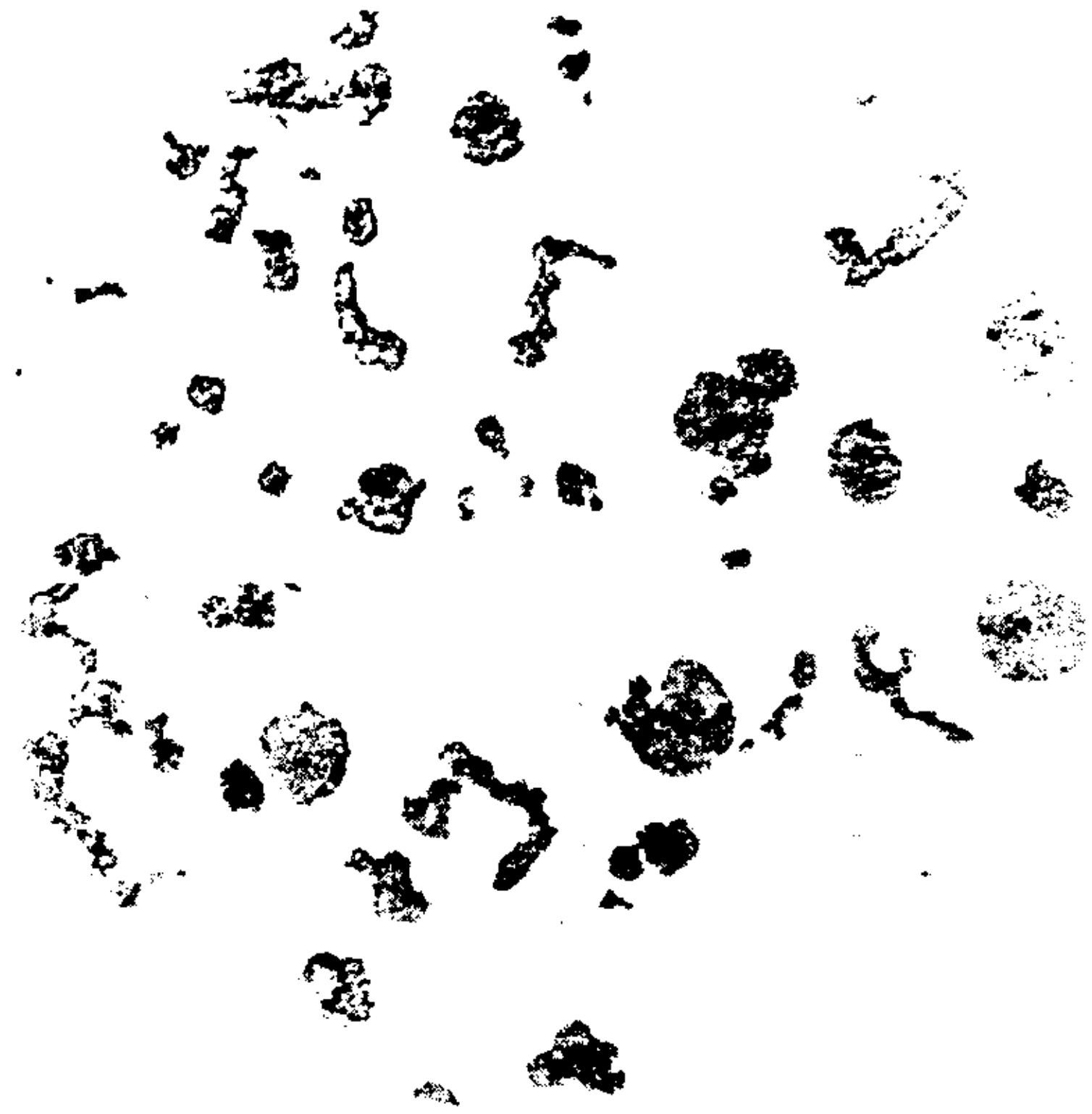


图 5 5 级

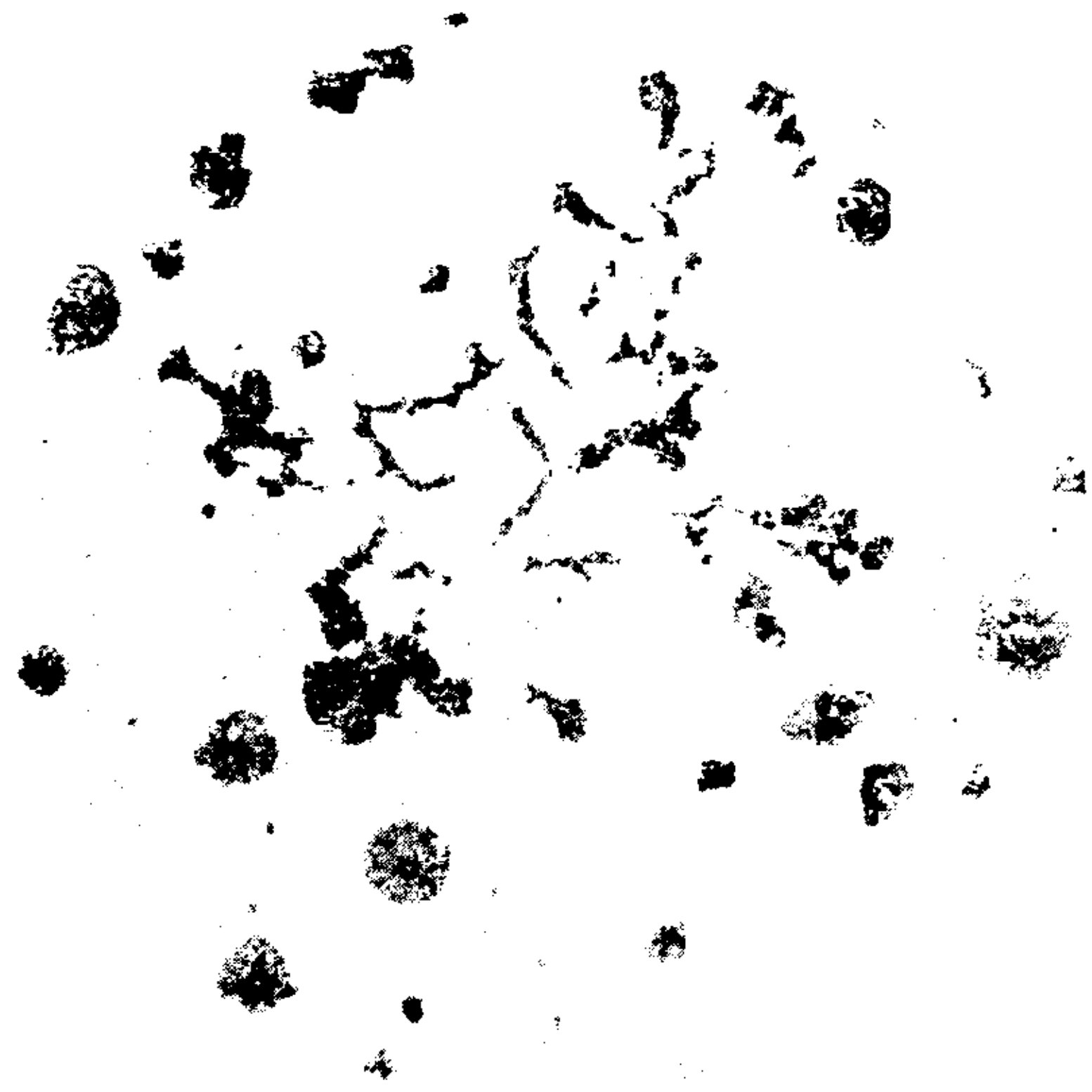


图 6 6 级

4.2 石墨大小和评定

石墨大小分为 6 级，见表 2 和图 7 ~ 12。

表 2 石墨大小分级

mm

级 别	石 墨 直 径 (100×)	图 号
3 级	$> 25 \sim 50$	7
4 级	$> 12 \sim 25$	8
5 级	$> 6 \sim 12$	9
6 级	$> 3 \sim 6$	10
7 级	$> 1.5 \sim 3$	11
8 级	< 1.5	12

石墨大小分级图 (100×)

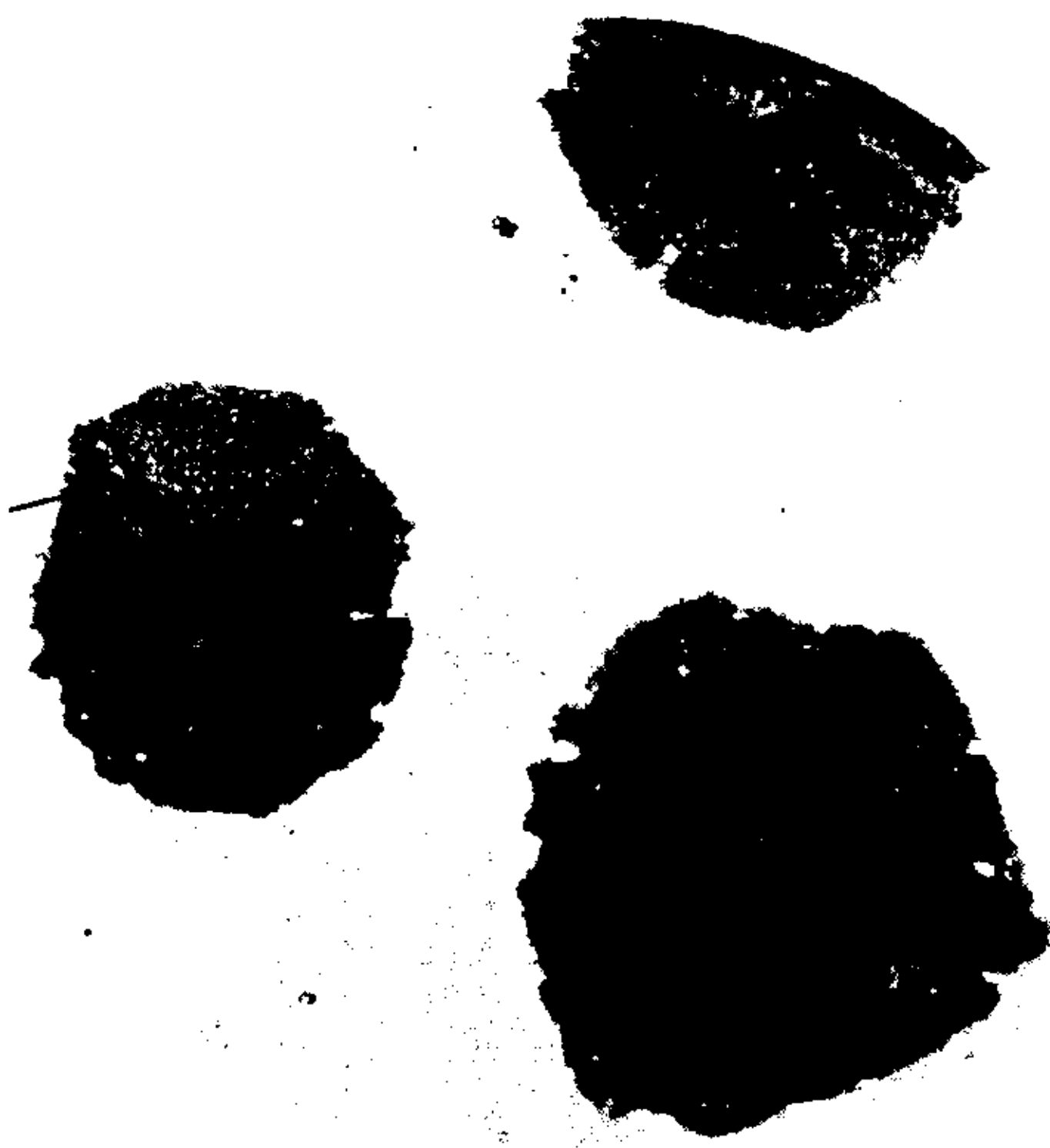


图 7 3 级

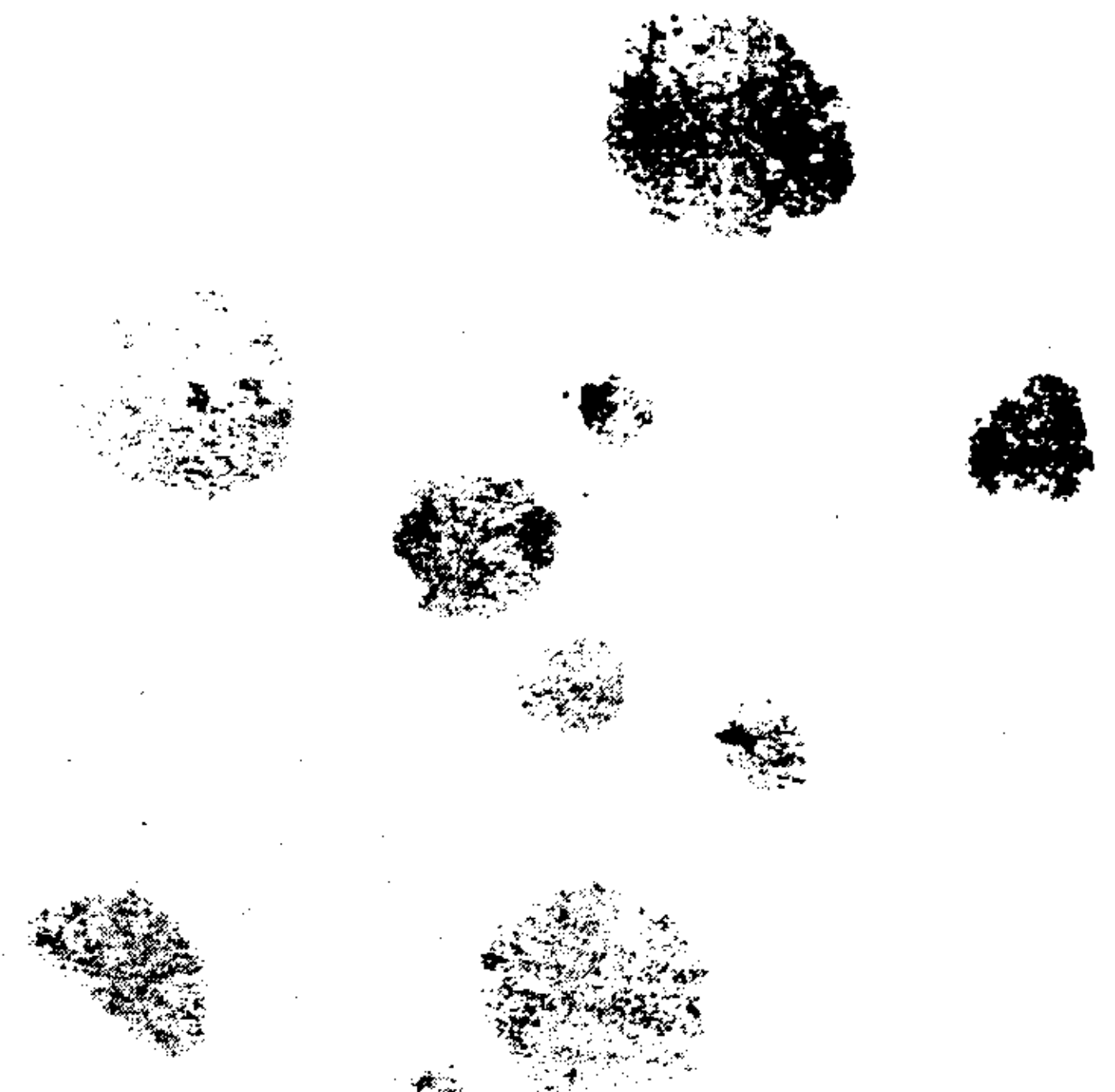


图 8 4 级

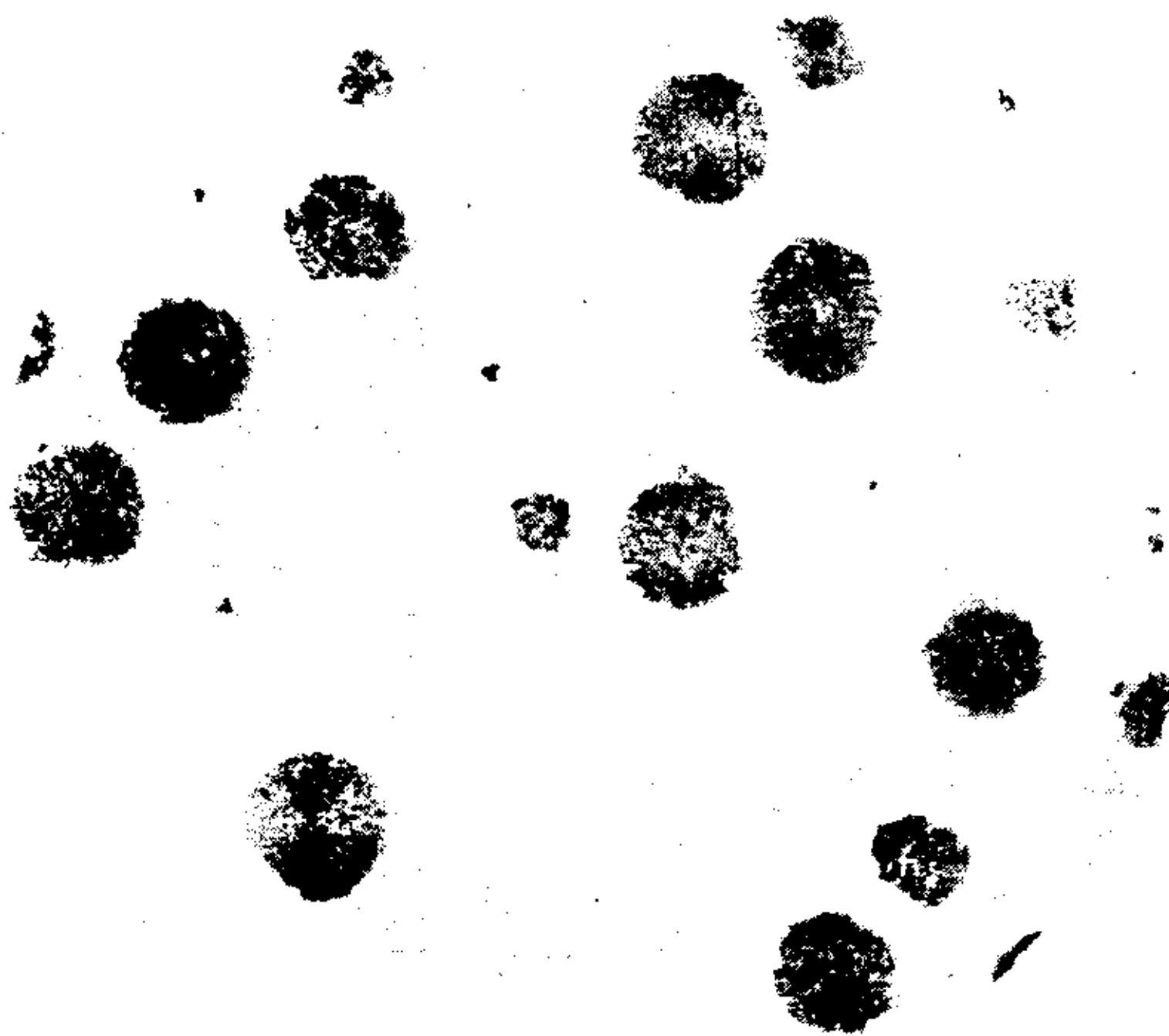


图 9 5 级



图 10 6 级

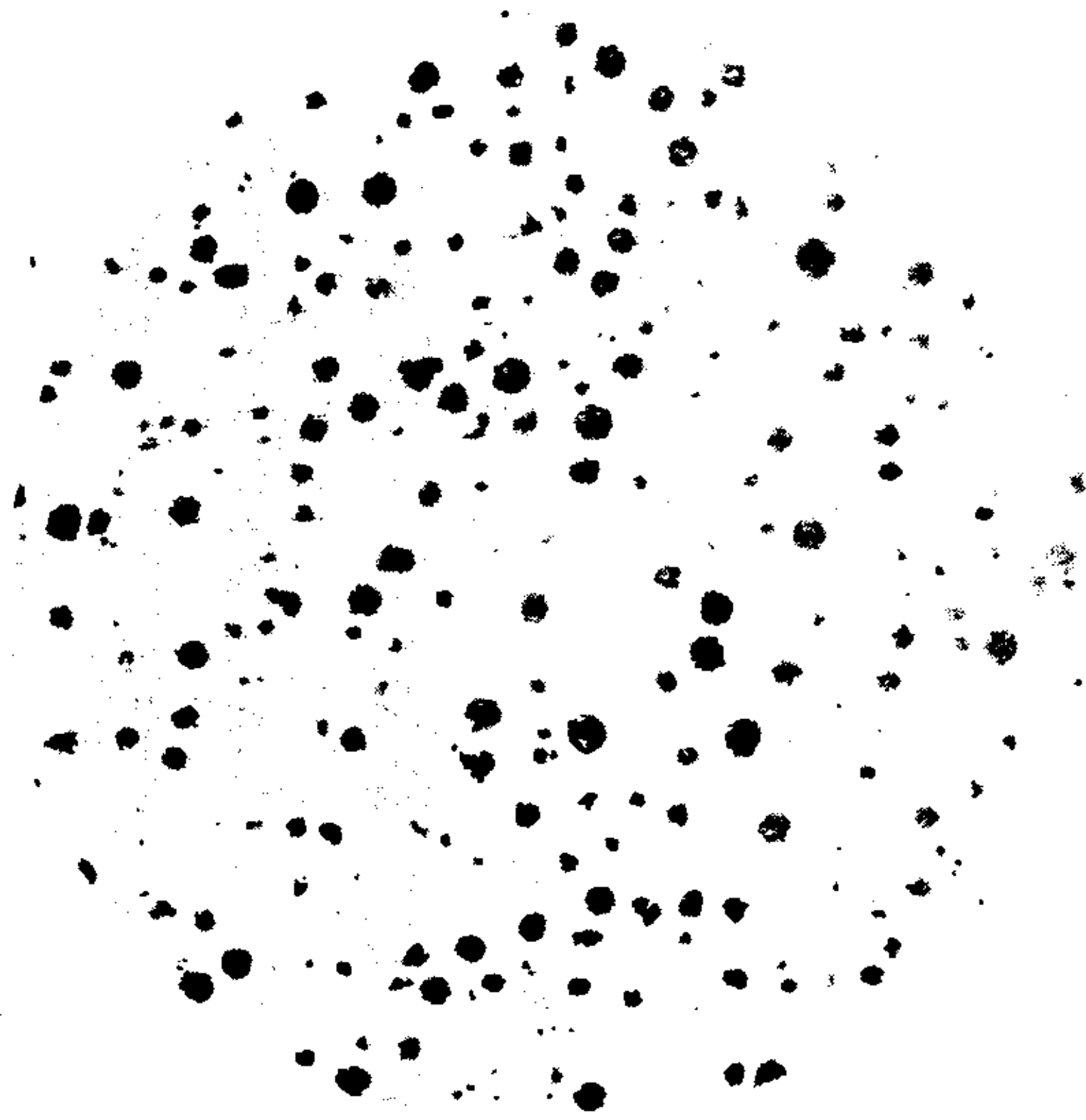


图 11 7 级

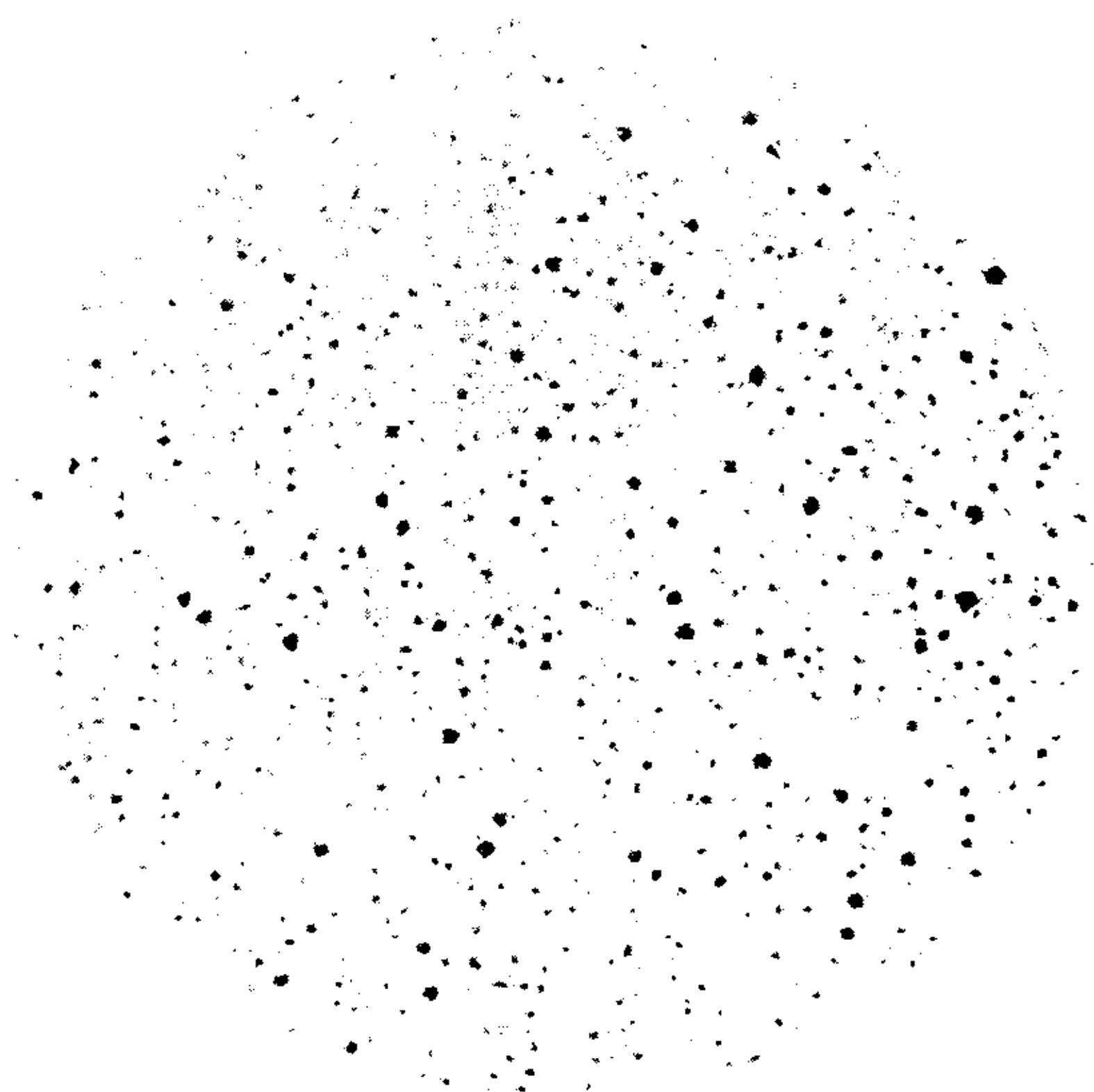


图 12 8 级

4.3 珠光体粗细

按珠光体的粗细分为三级，见表 3 和图13~15。

珠光体粗细为非必检项目。

表 3 珠光体粗细分级

级 别 名 称	说 明	图 号
粗片状珠光体	在500倍下，珠光体中渗碳体、铁素体片间距较大	13
片状珠光体	在500倍下，珠光体中渗碳体、铁素体片间距明显可辨	14
细片状珠光体	在500倍下，珠光体中渗碳体、铁素体片间距难以分辨	15

珠光体粗细分级图 (500×)



图 13 粗片状珠光体



图 14 片状珠光体



图 15 细片状珠光体

4.4 珠光体数量

珠光体数量按石墨大小分列A、B二组图片，见表 4 和图16~27。

表 4 珠光体数量分级

级 别 名 称	珠 光 体 数 量 (%)	图 号
珠 95	> 90	16 A、16 B
珠 85	> 80 ~ 90	17 A、17 B
珠 75	> 70 ~ 80	18 A、18 B
珠 65	> 60 ~ 70	19 A、19 B
珠 55	> 50 ~ 60	20 A、20 B
珠 45	> 40 ~ 50	21 A、21 B
珠 35	> 30 ~ 40	22 A、22 B
珠 25	≈ 25	23 A、23 B
珠 20	≈ 20	24 A、24 B
珠 15	≈ 15	25 A、25 B
珠 10	≈ 10	26 A、26 B
珠 5	≈ 5	27 A、27 B

珠光体数量分级图 (100×)



图 16A 珠95

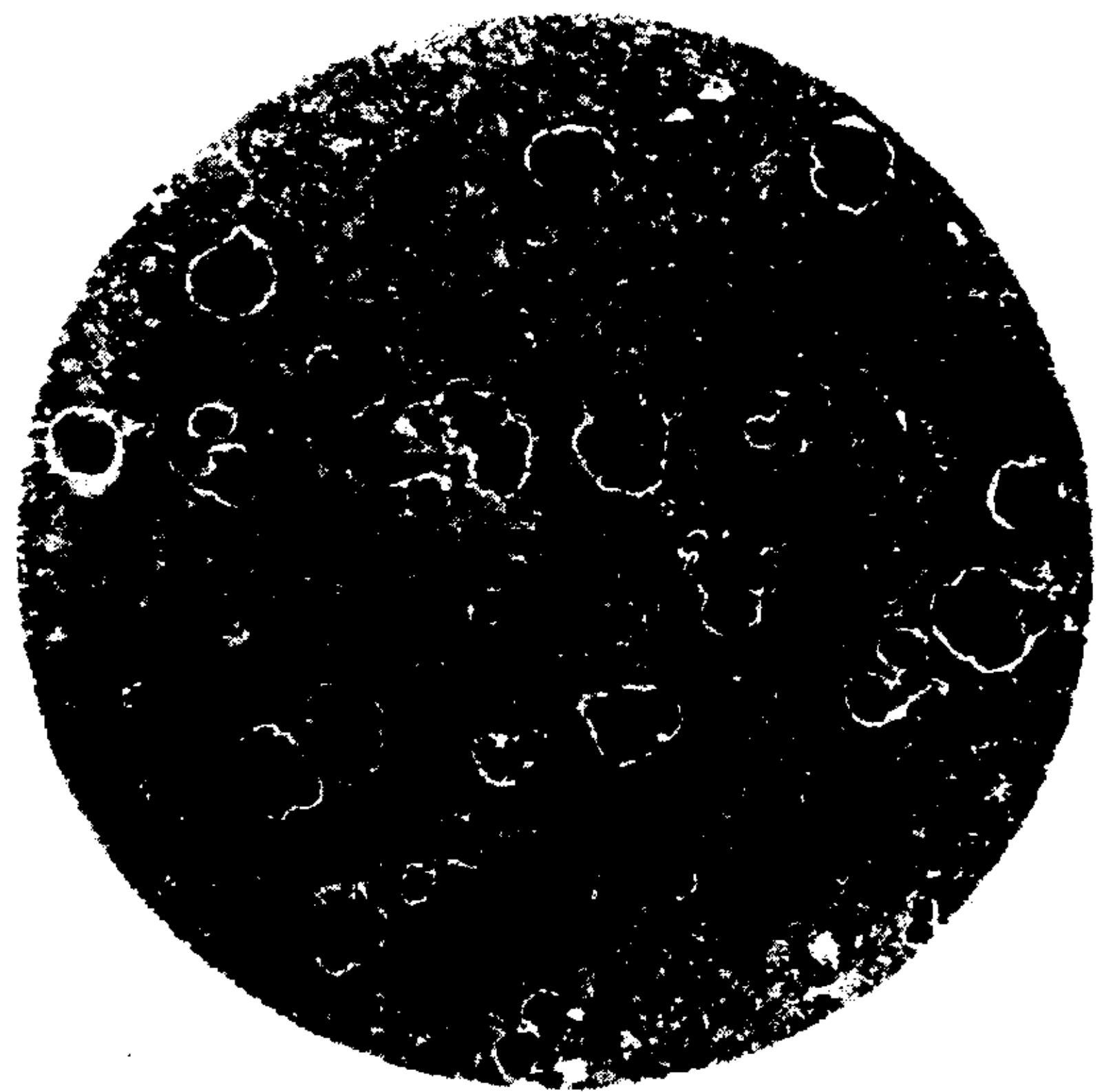


图 16B 珠95

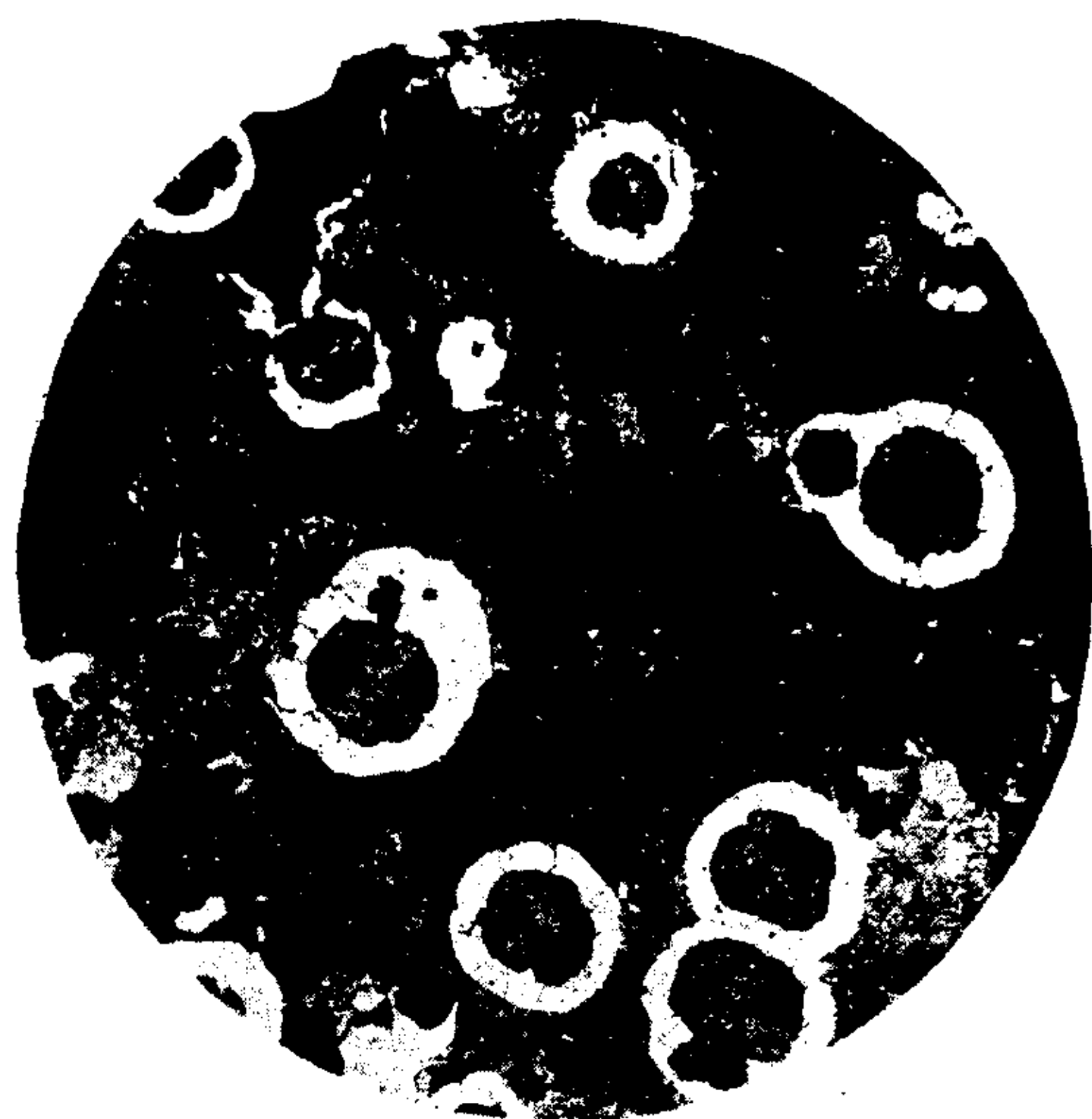


图 17A 珠85

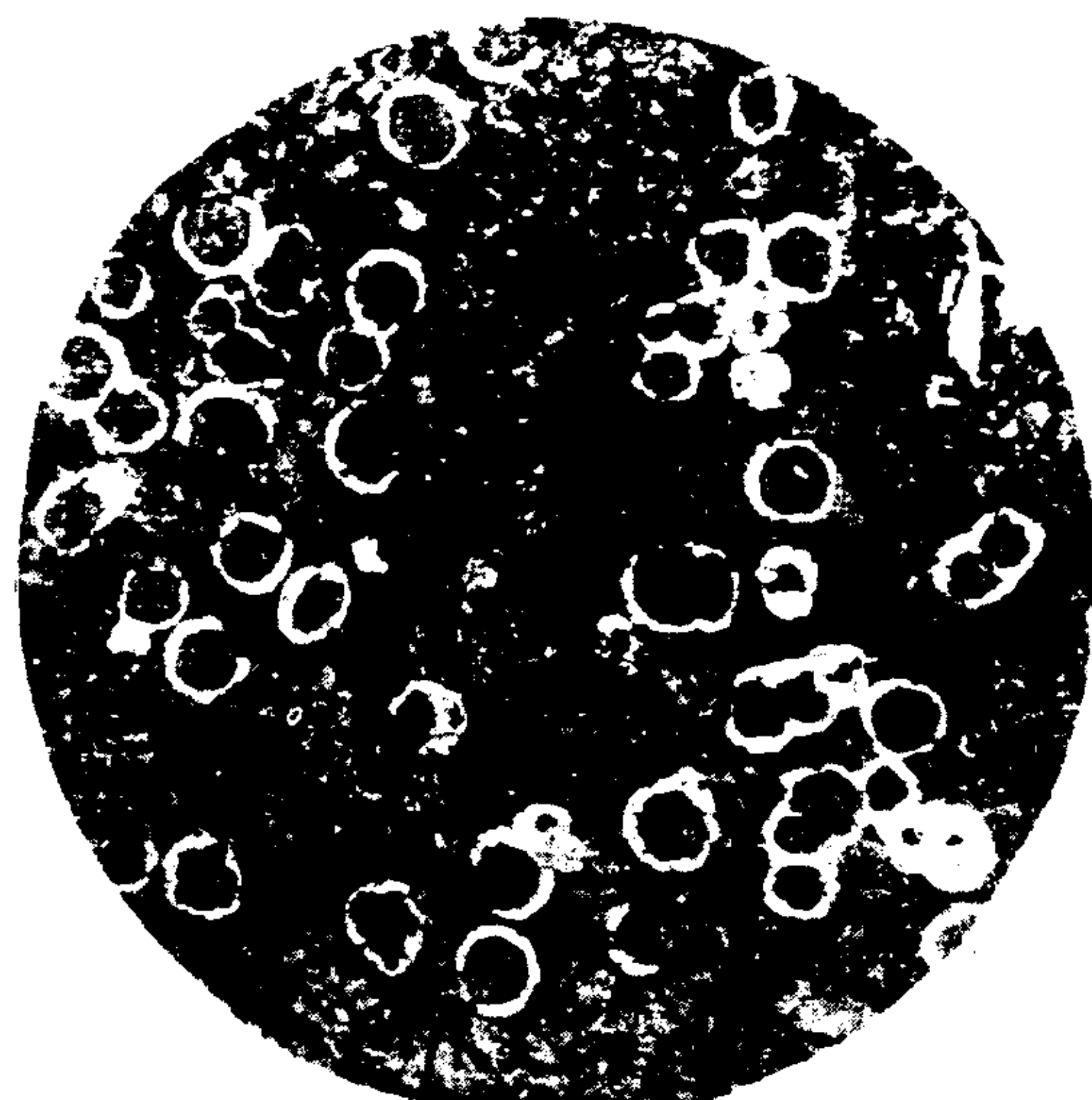


图 17B 珠85

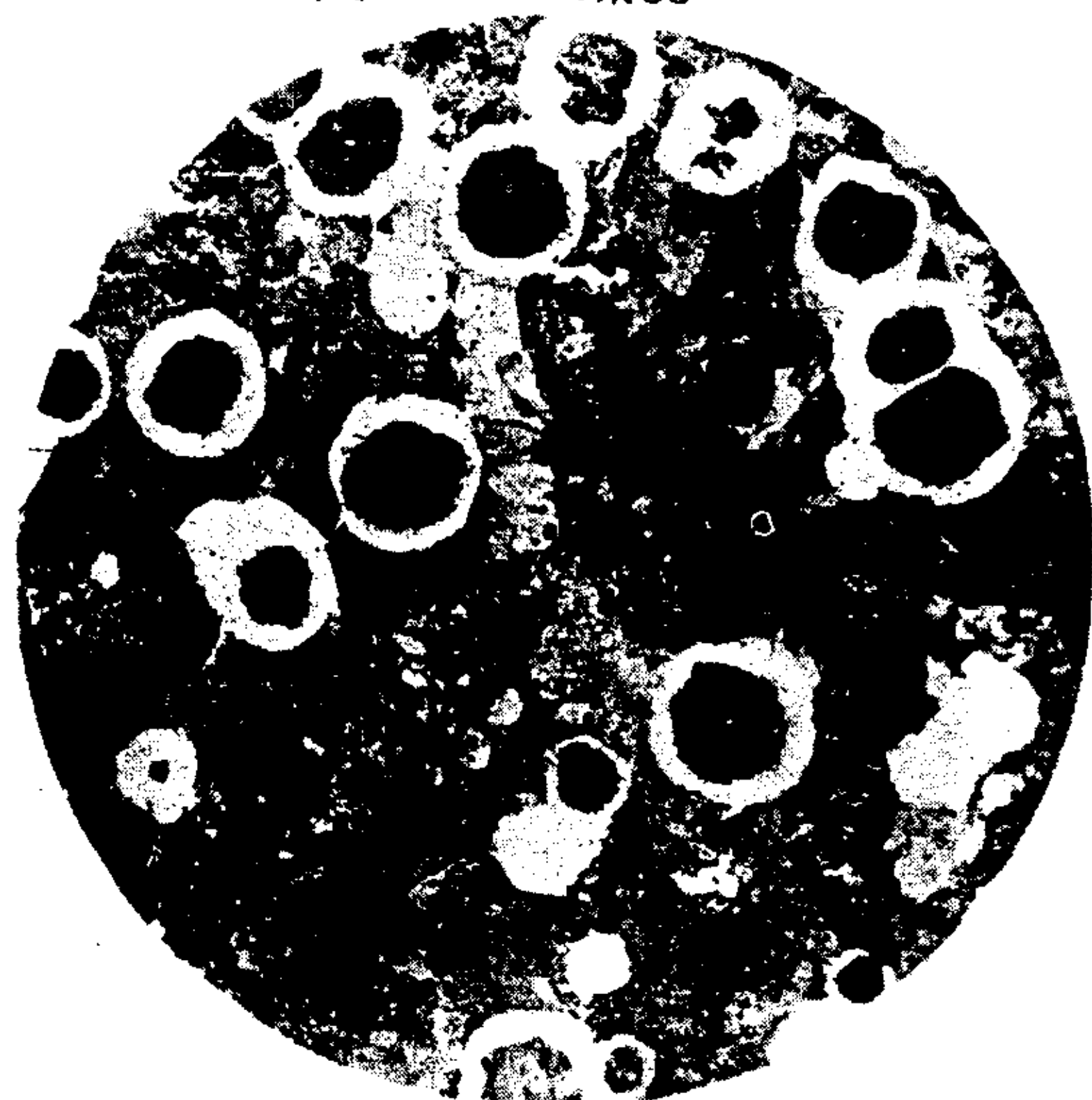


图 18A 珠75

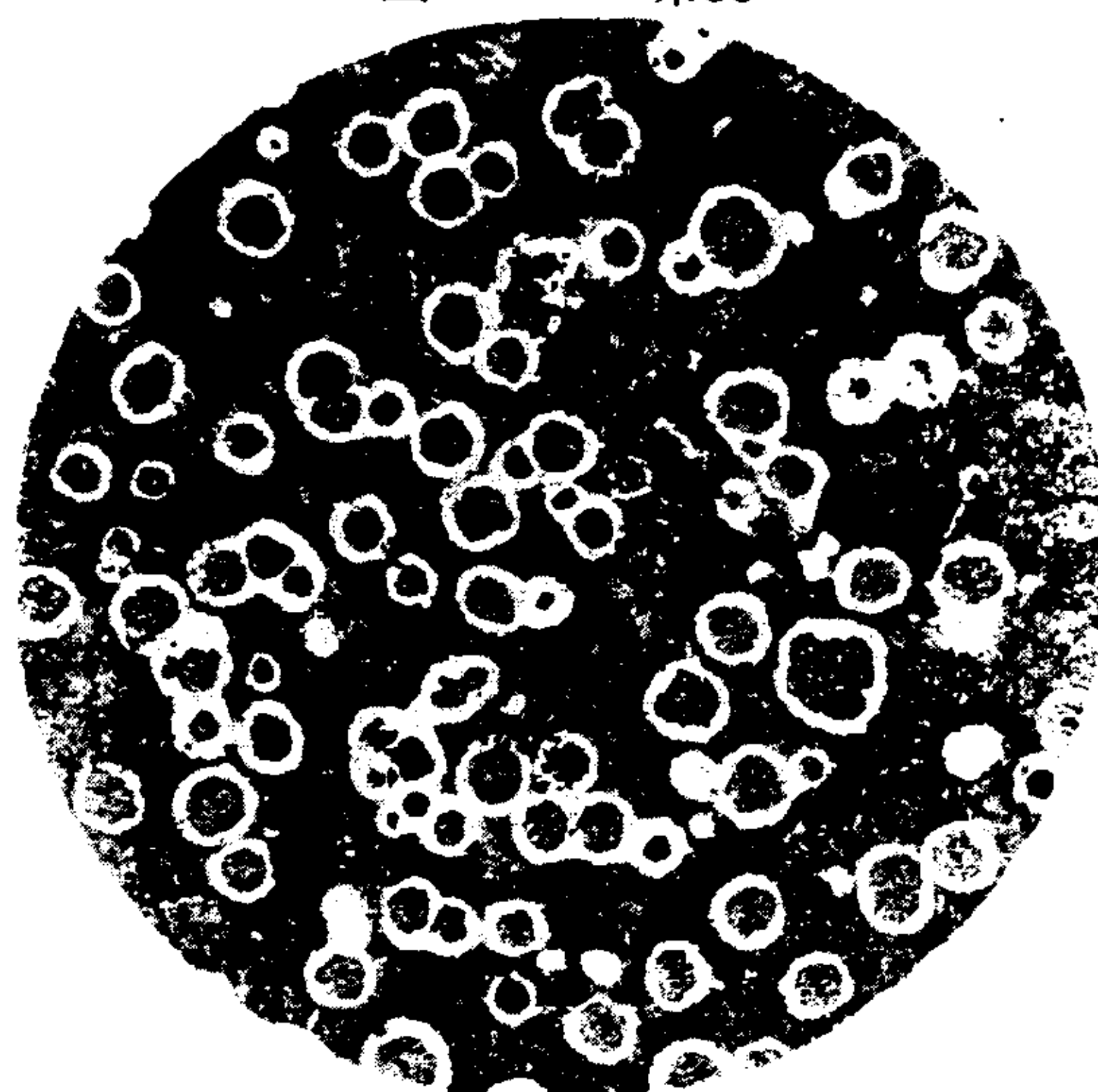


图 18B 珠75

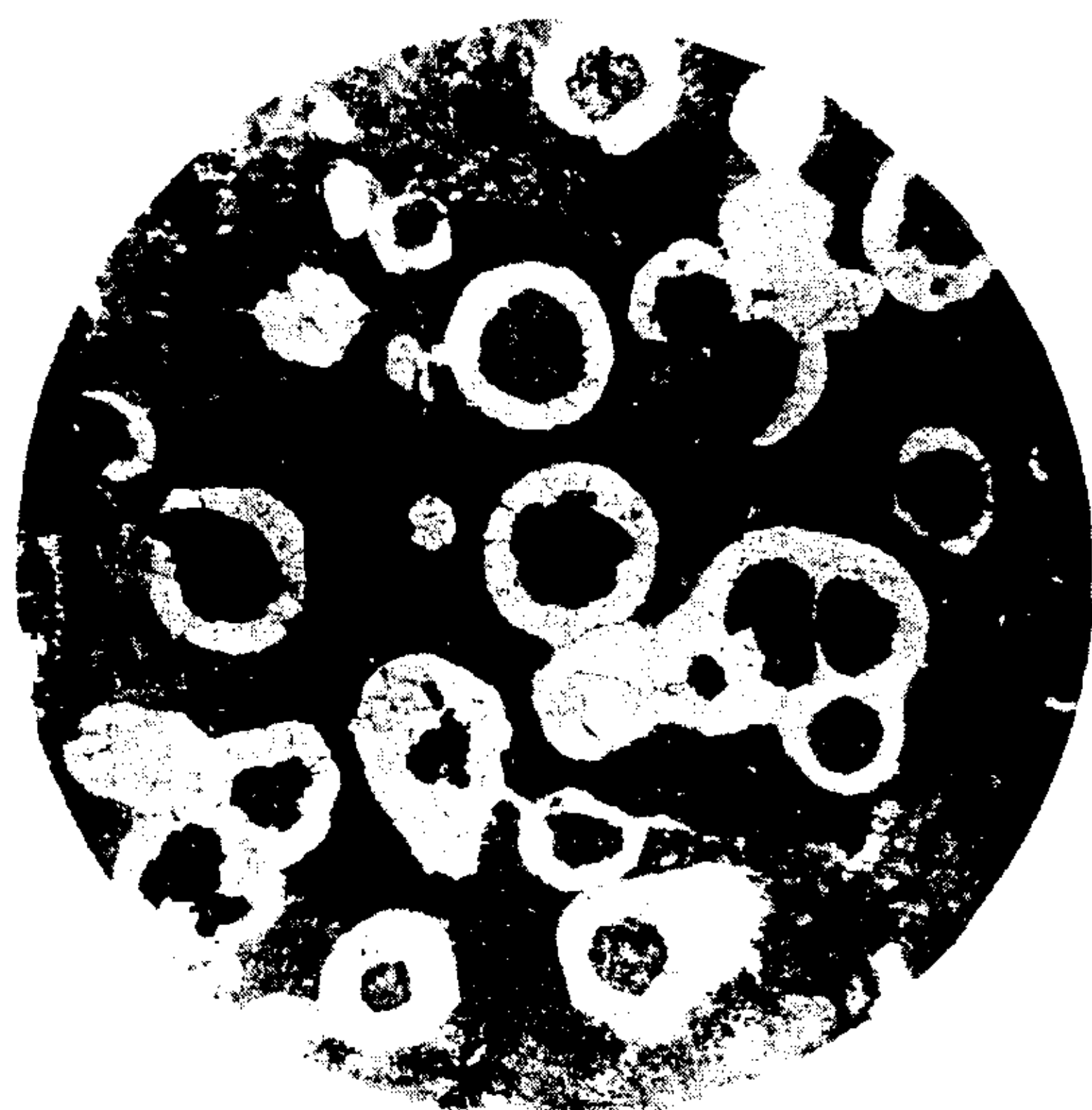


图 19A 珠65

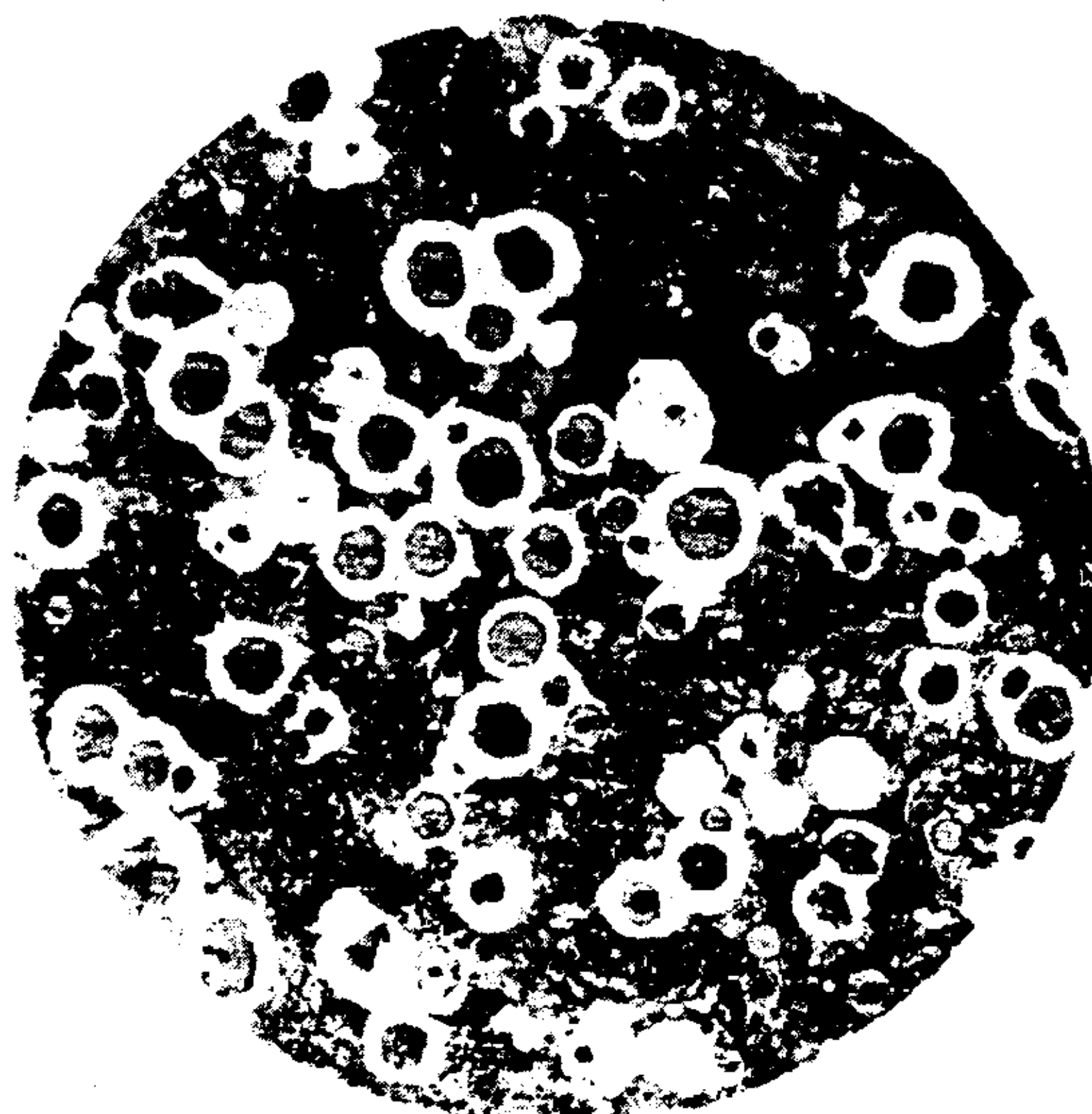


图 19B 珠65

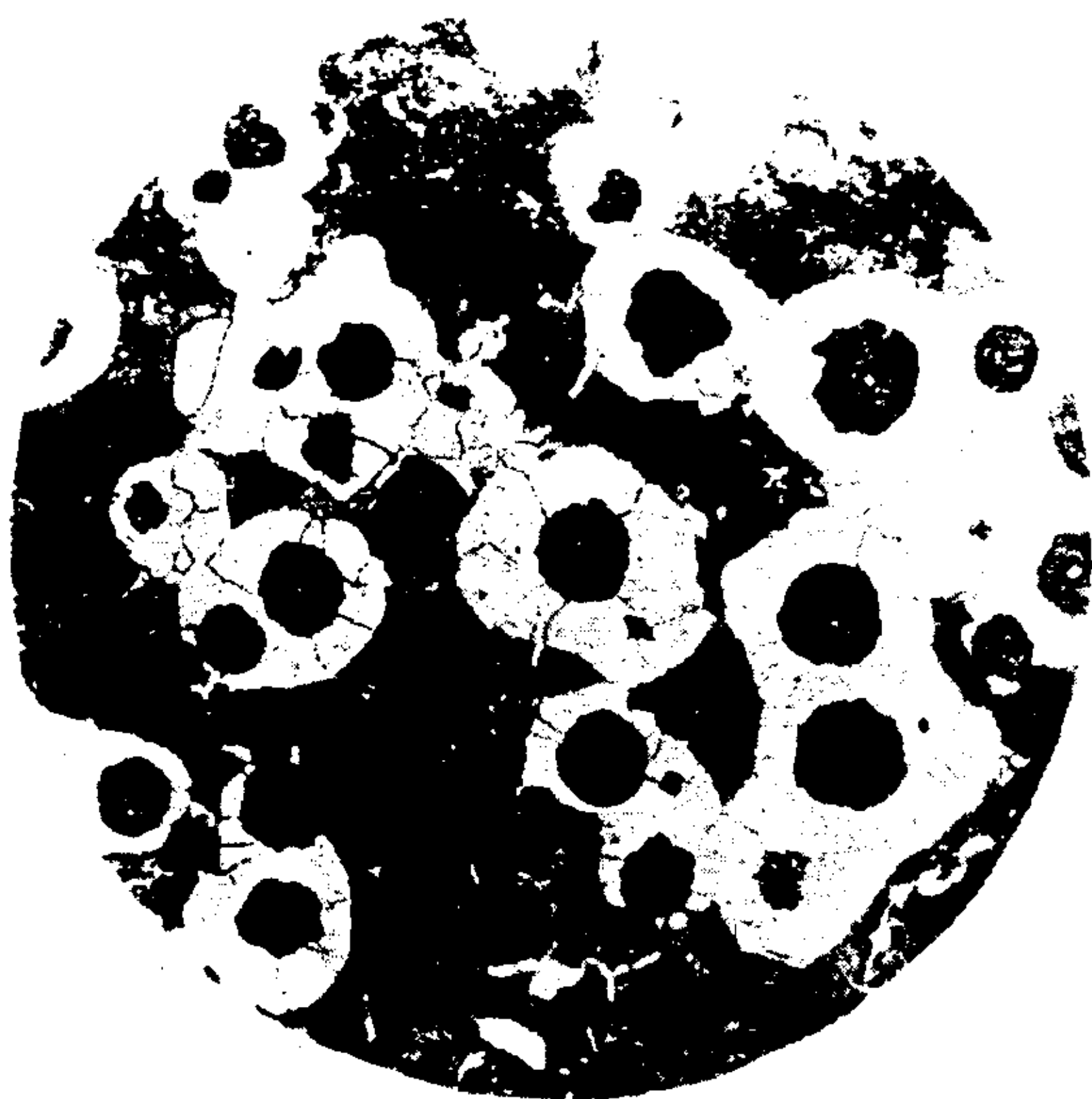


图 20A 珠55

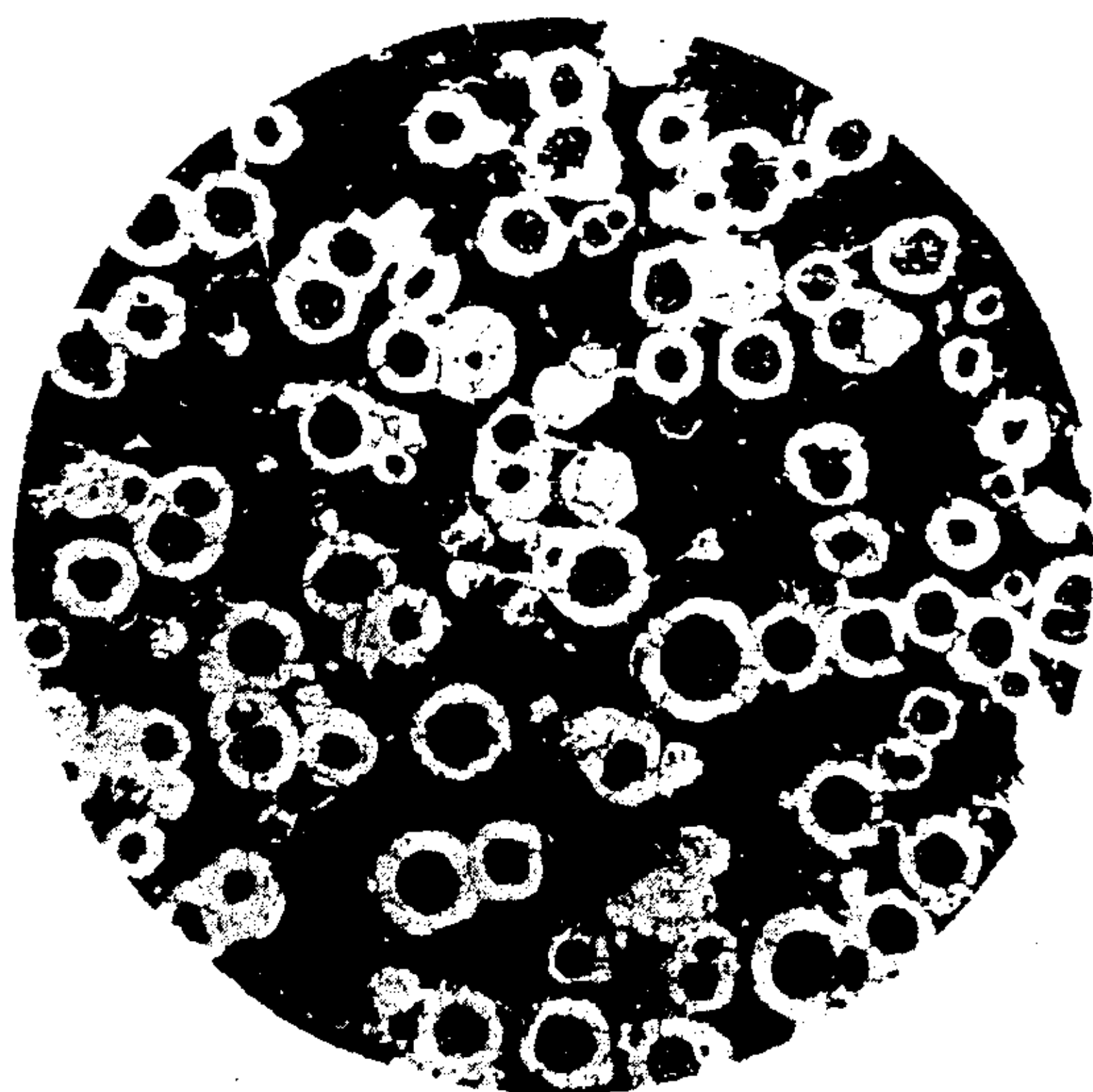


图 20B 珠55

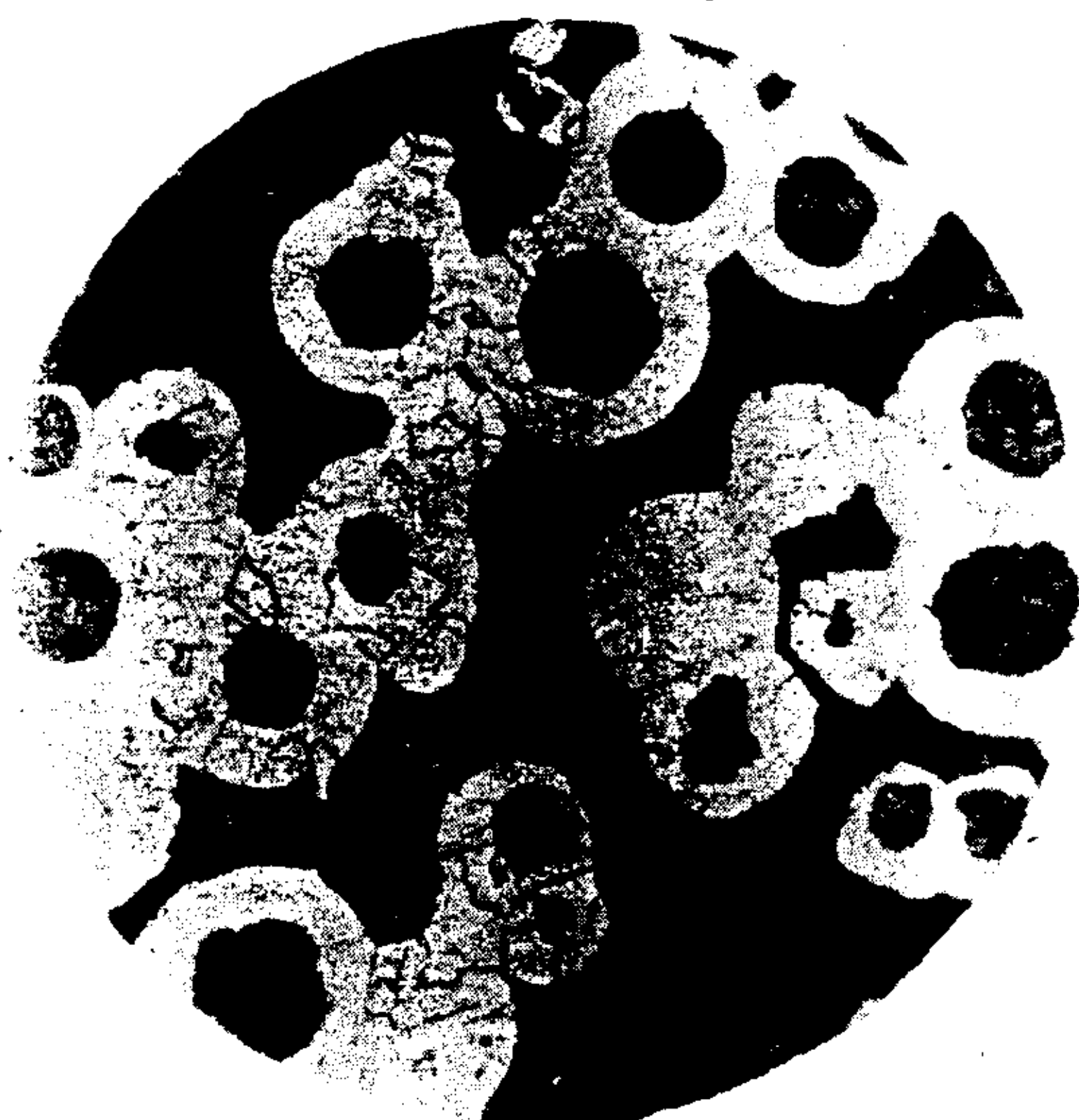


图 21A 珠45

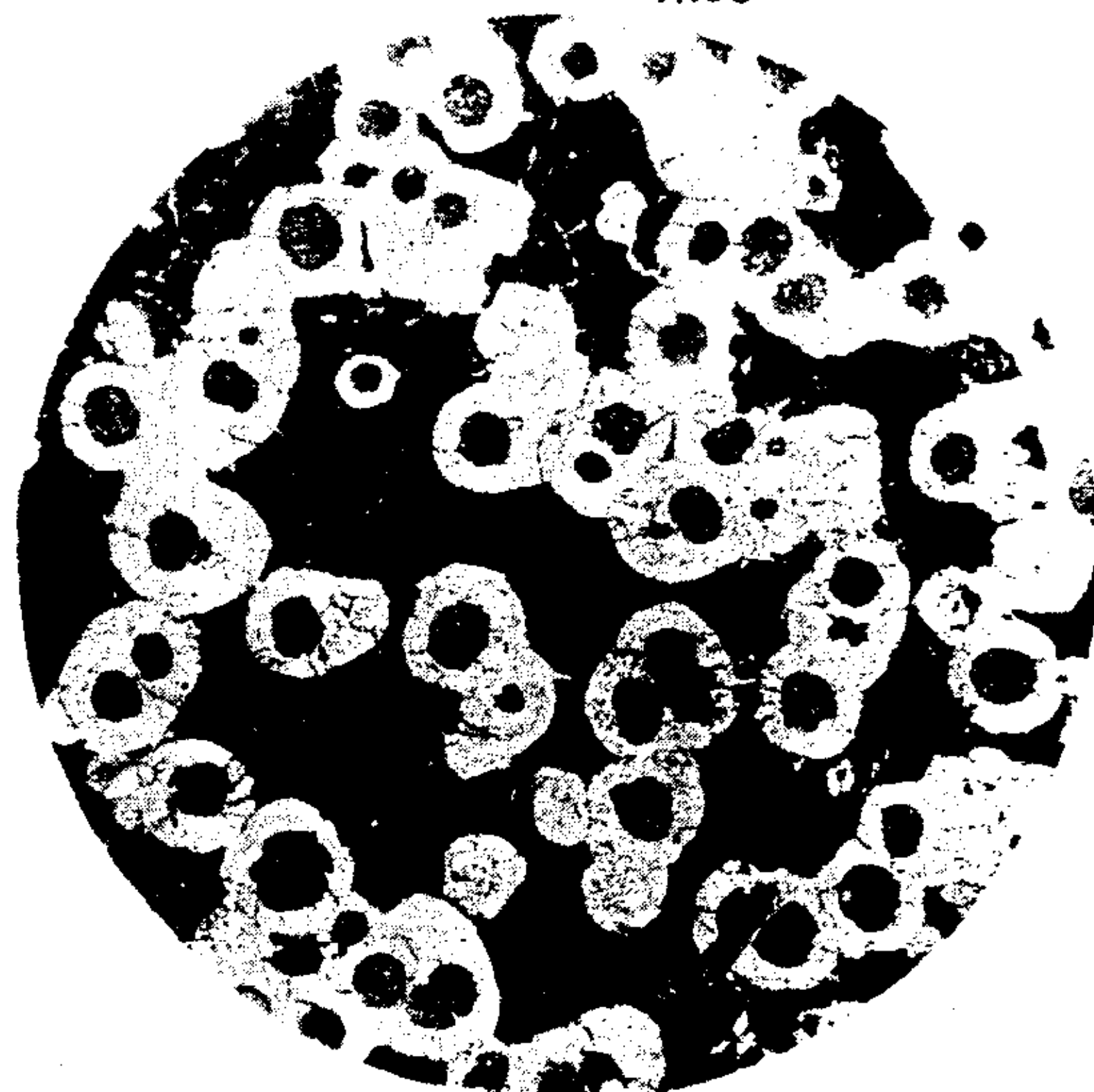


图 21B 珠45

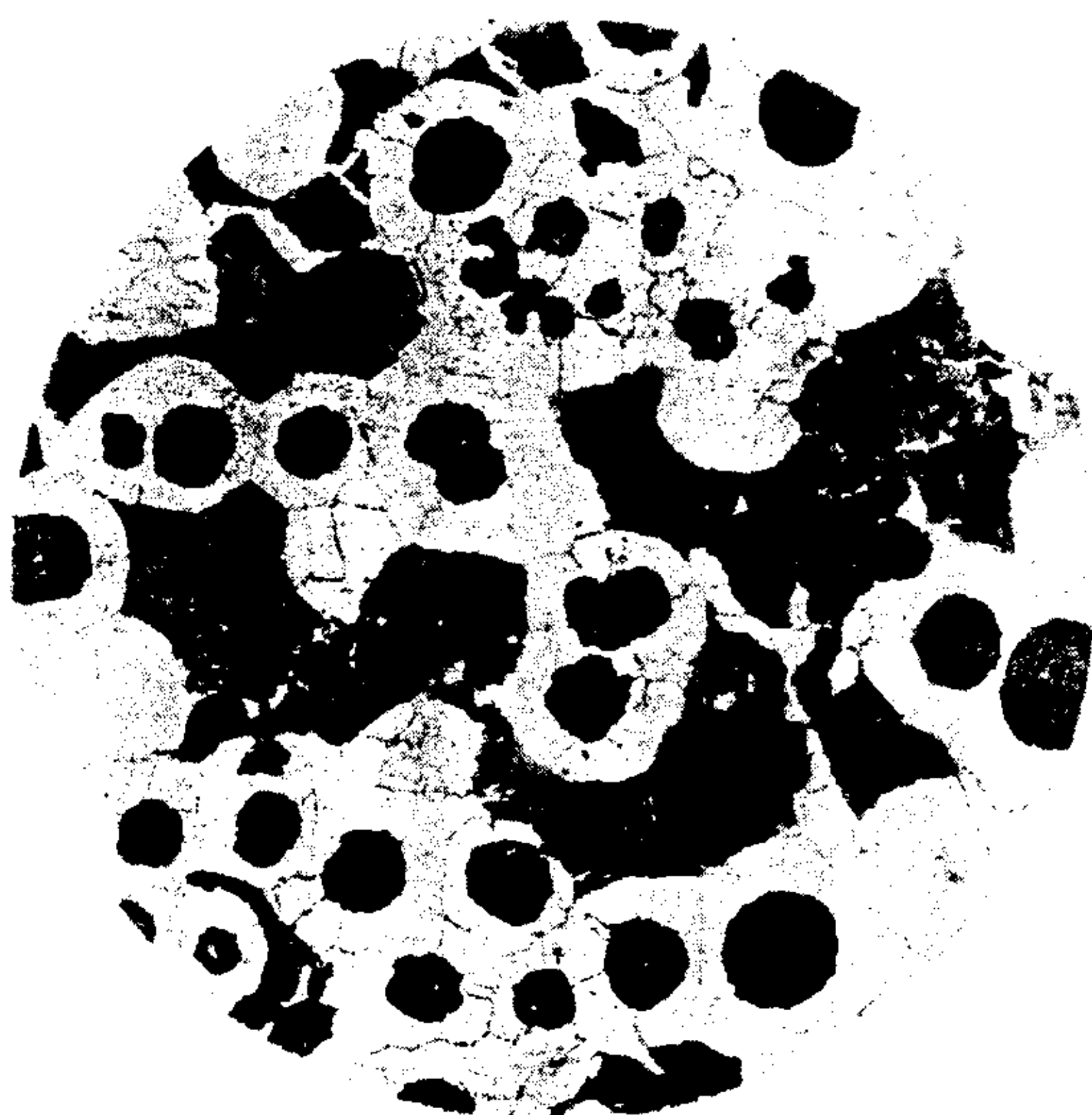


图 22A 珠35

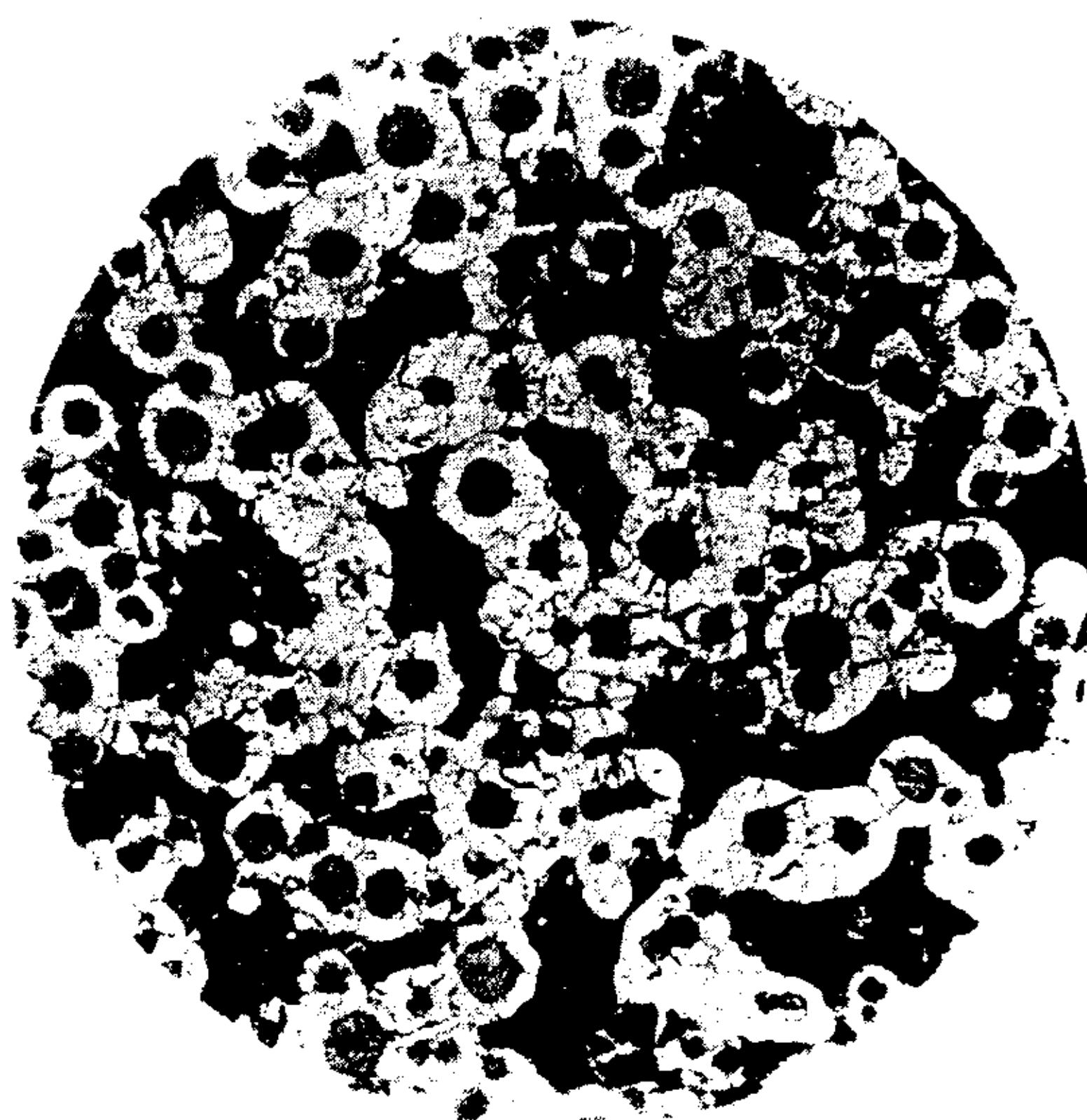


图 22B 珠35

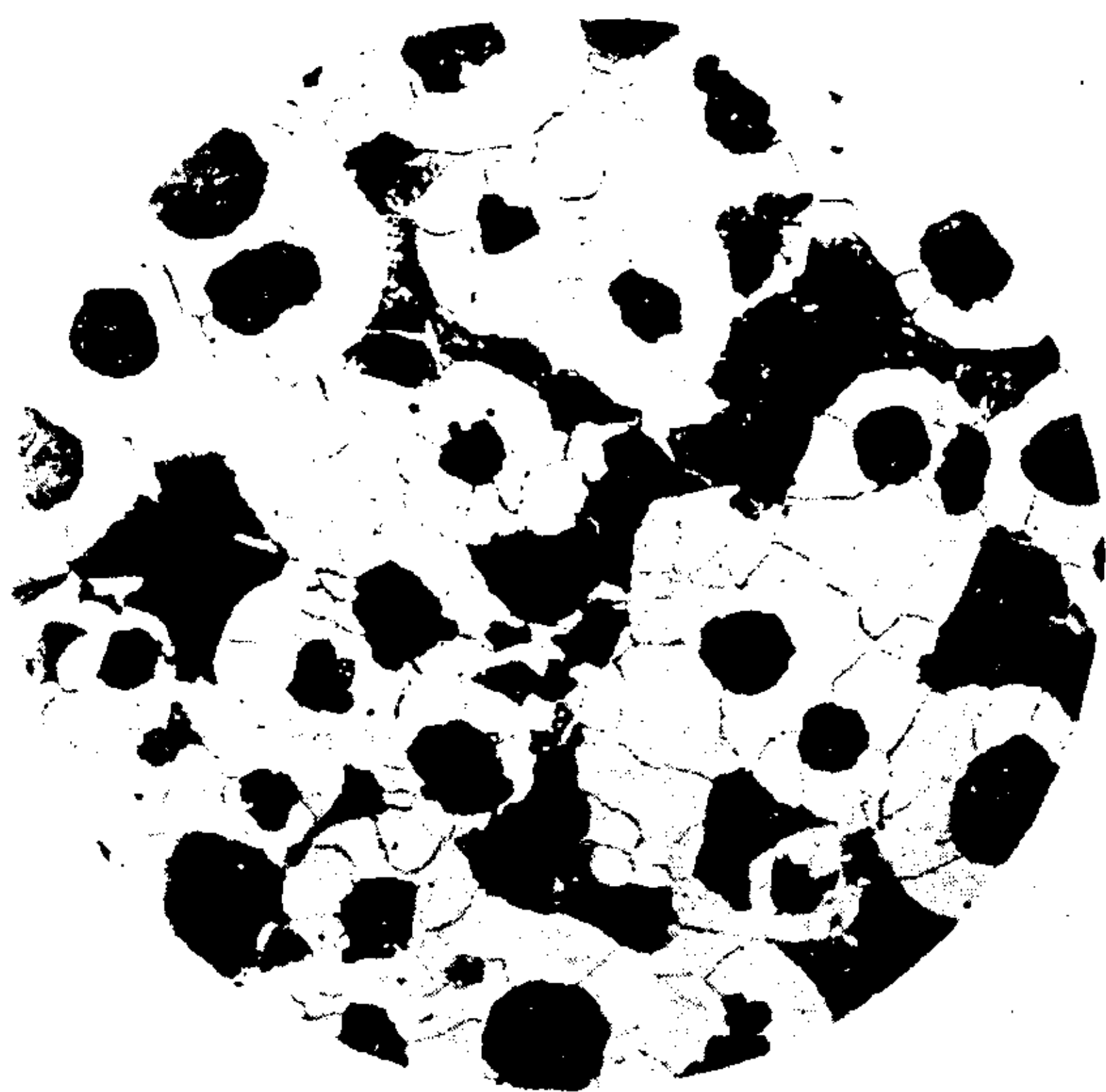


图 23A 珠25

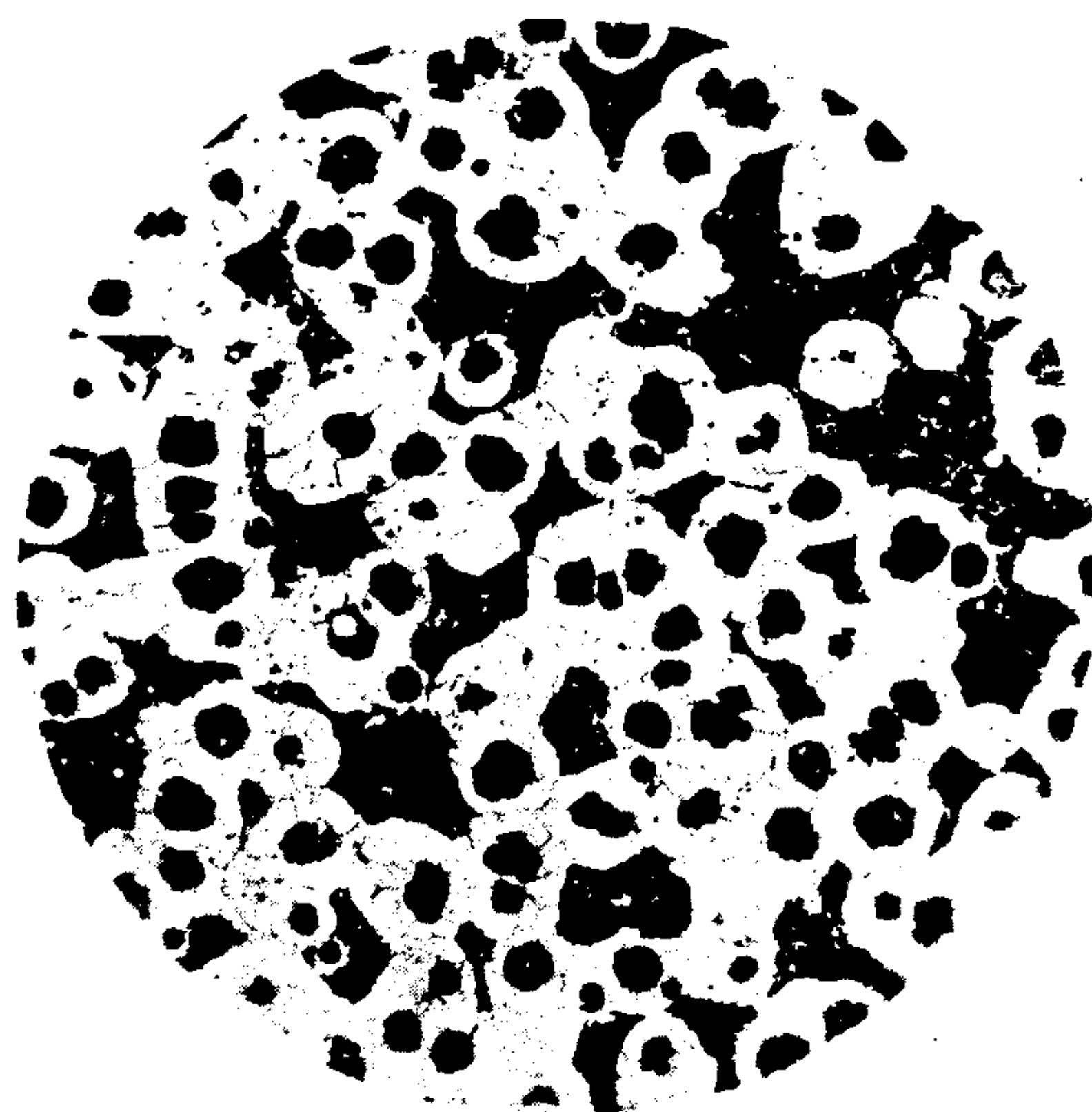


图 23B 珠25



图 24A 珠20

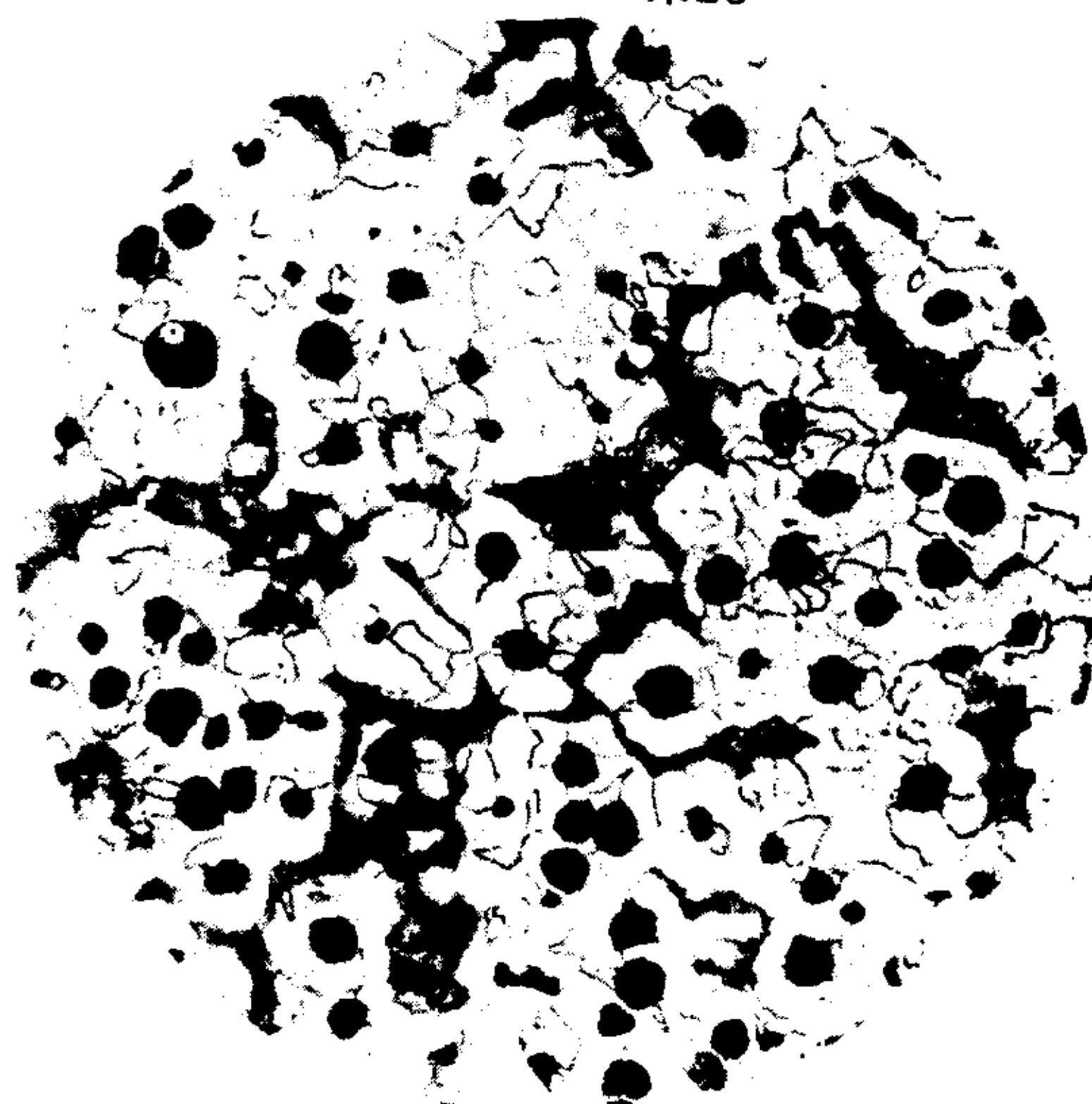


图 24B 珠20

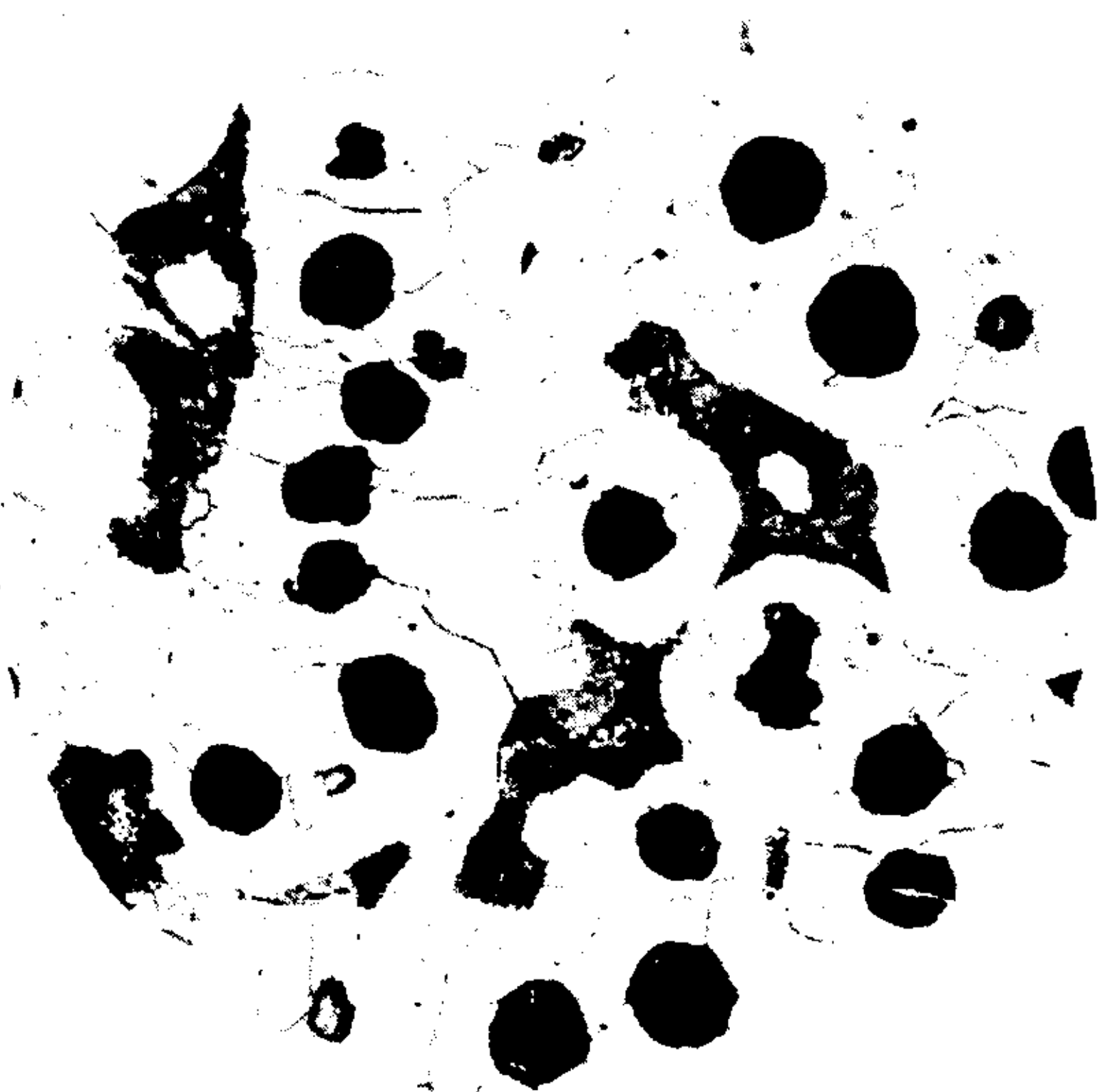


图 25A 珠15

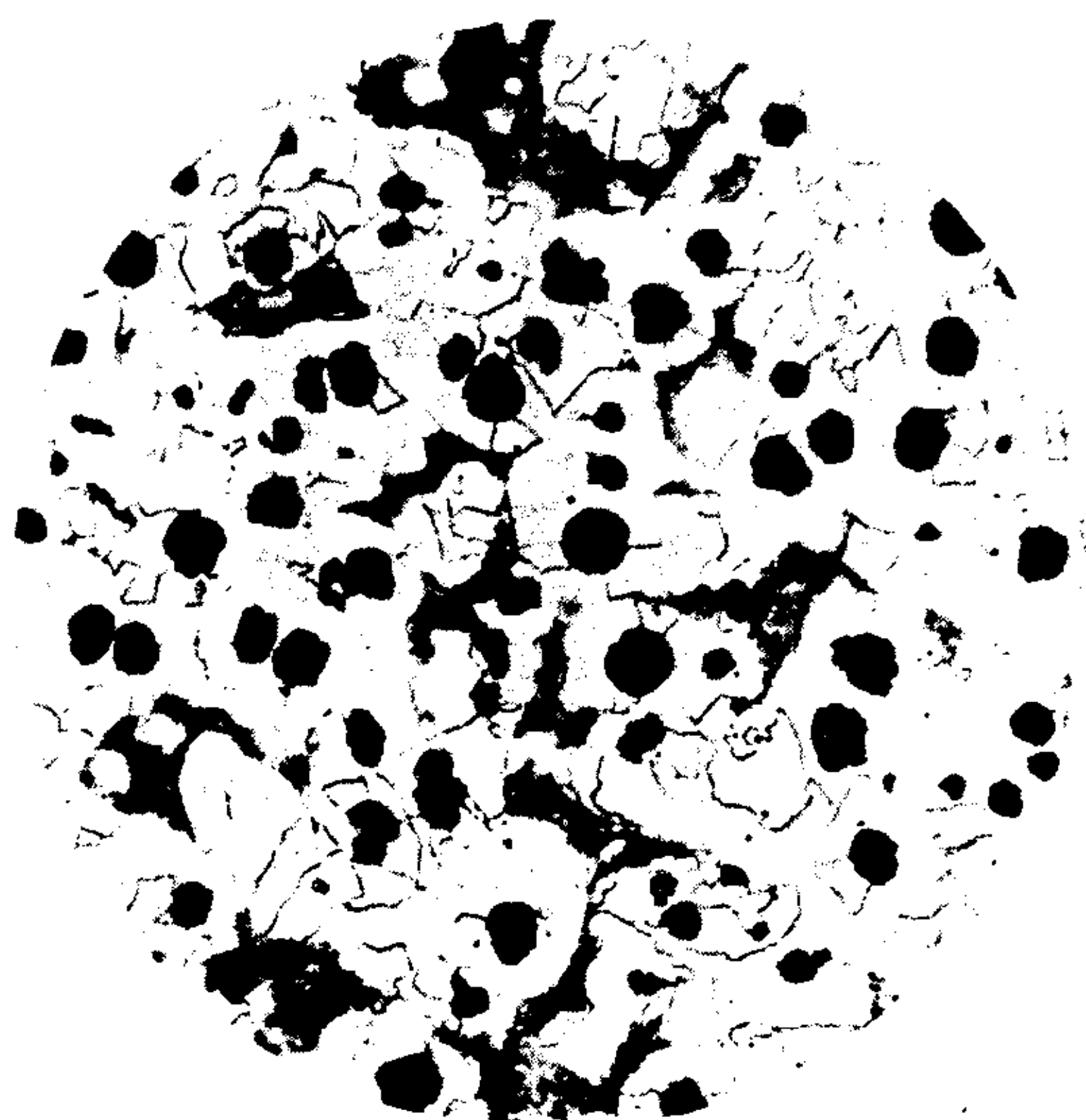


图 25B 珠15

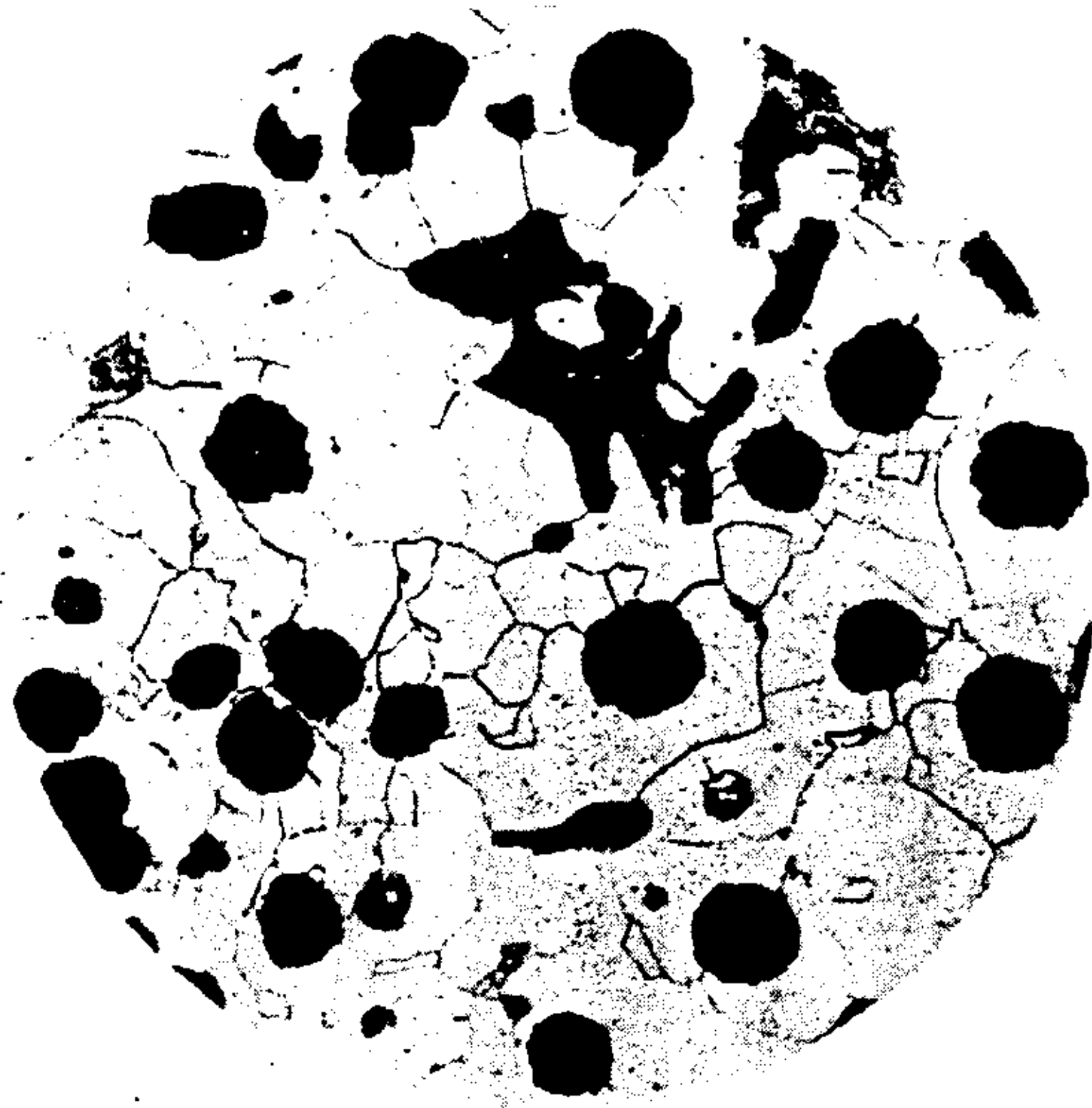


图 26A 珠10

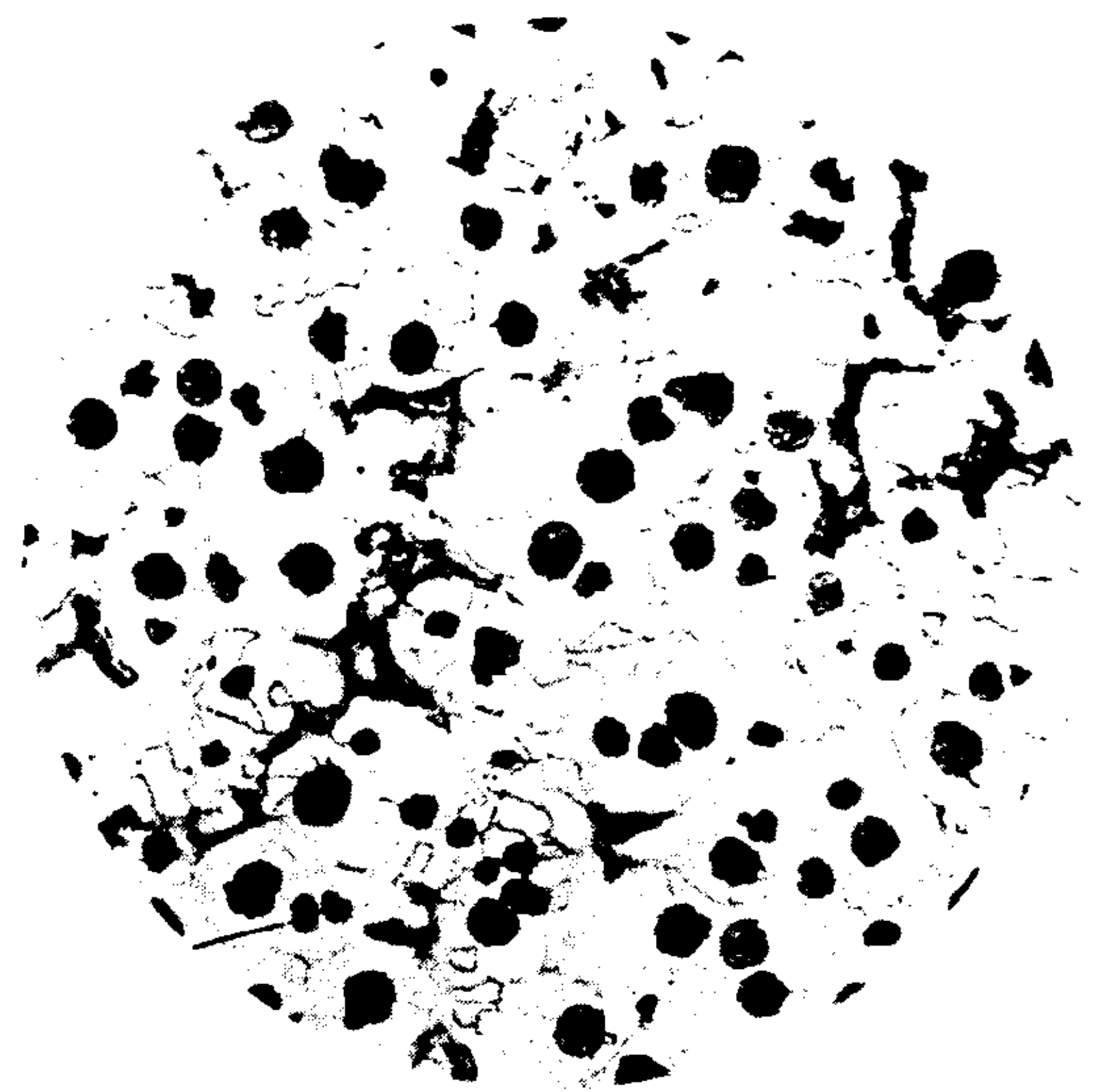


图 26B 珠10

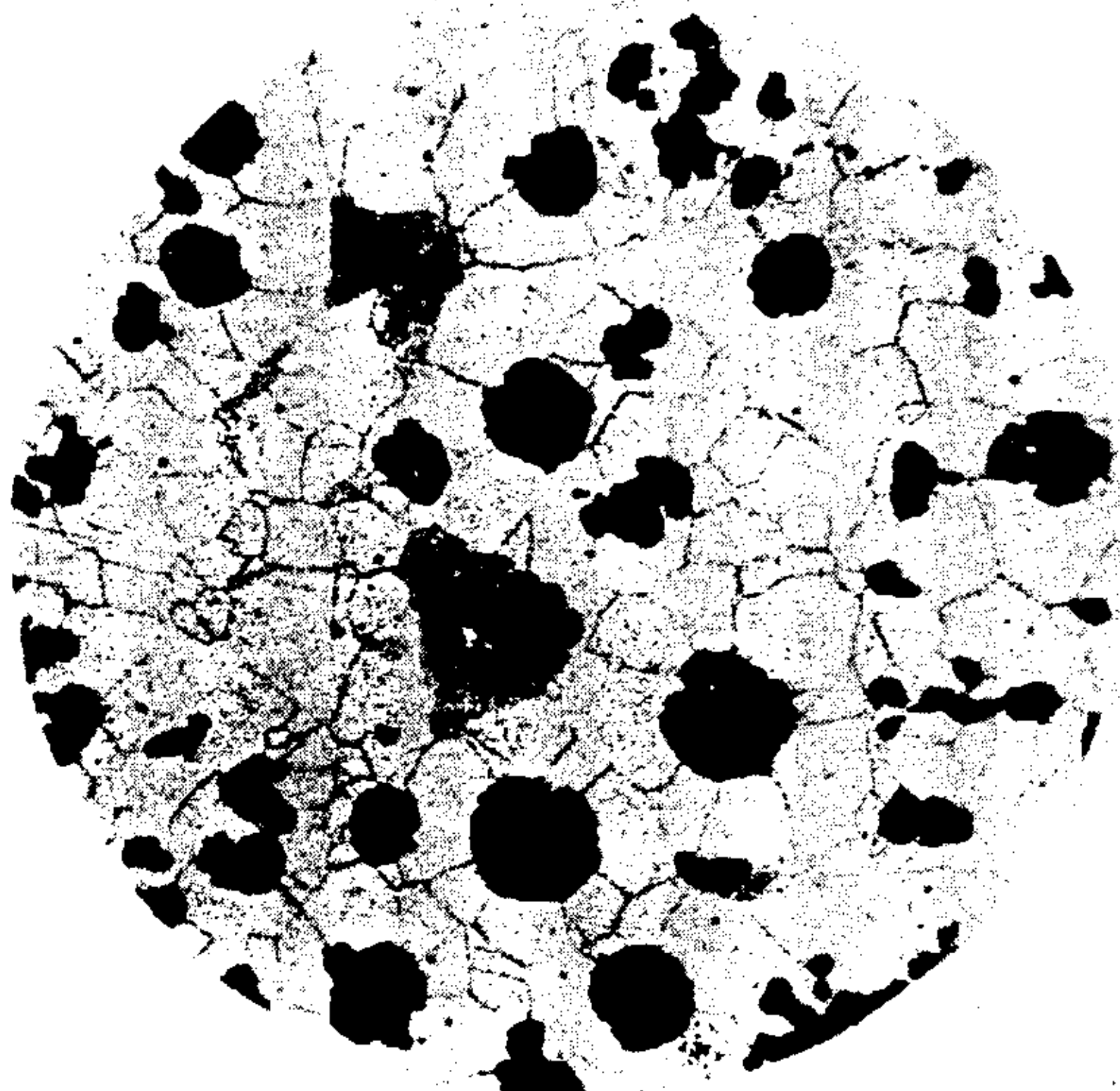


图 27A 珠5

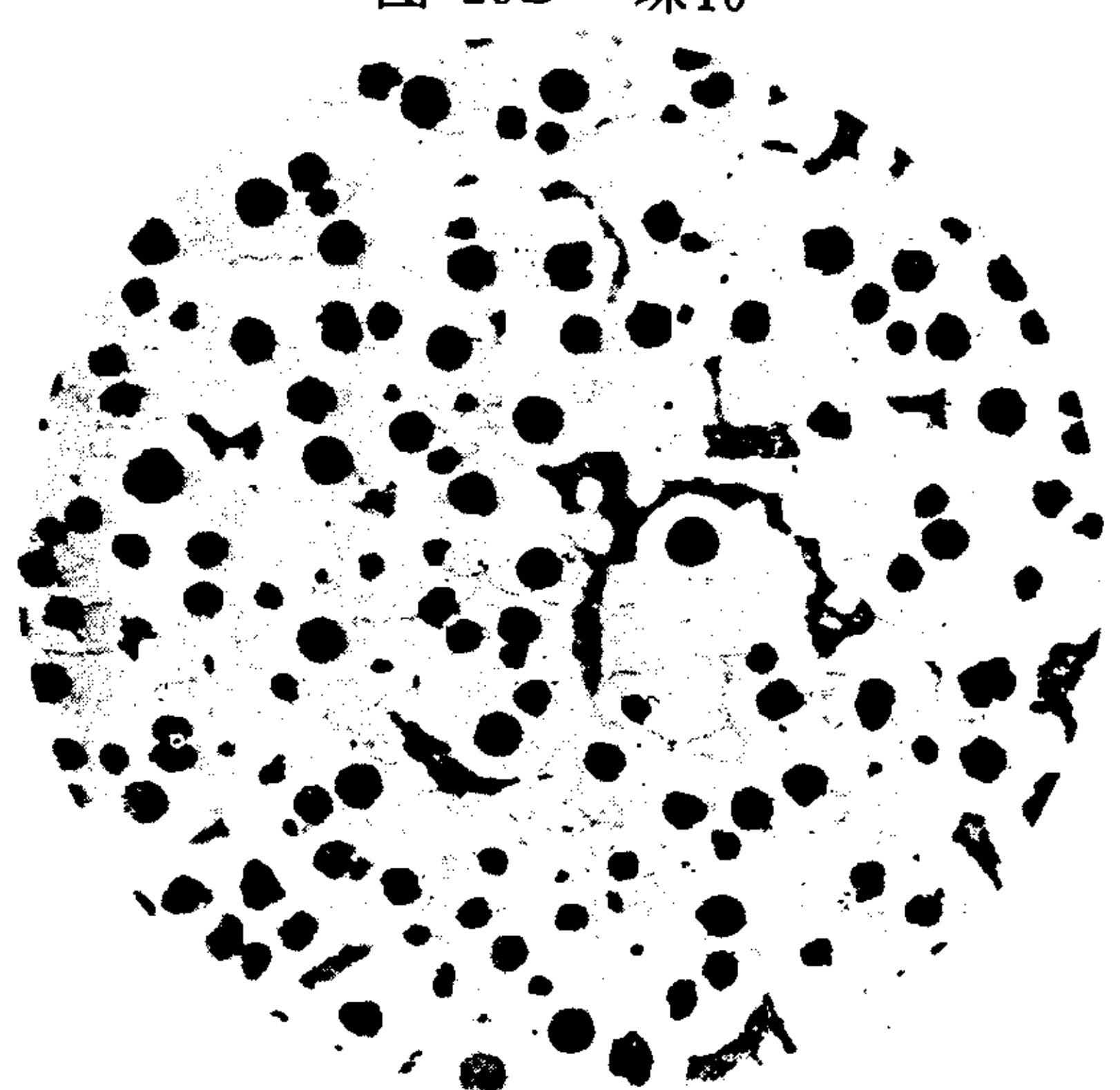


图 27B 珠5

4.5 分散分布的铁素体数量

分散分布的铁素体数量，分块状（A）及网状（B）二组图片，见表 5 和图28～33。

表 5 分散分布的铁素体数量分级

级 别 名 称	块状或网状铁素体数量 (%)	图 号
铁 5	≈ 5	28 A、28 B
铁10	≈ 10	29 A、29 B
铁15	≈ 15	30 A、30 B
铁20	≈ 20	31 A、31 B
铁25	≈ 25	32 A、32 B
铁30	≈ 30	33 A、33 B

分散分布的铁素体数量分级图 (100×)

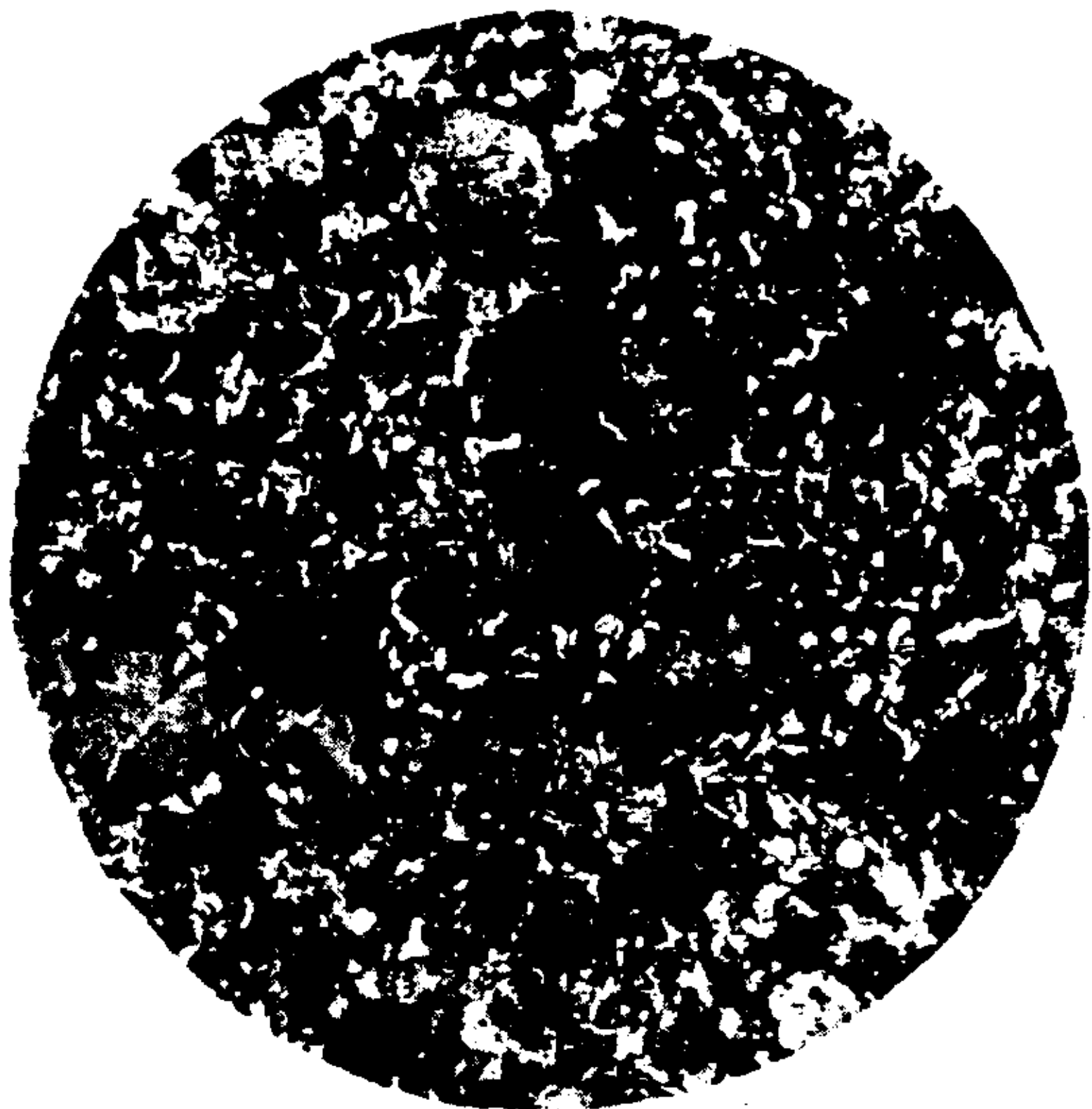


图 28A 铁5

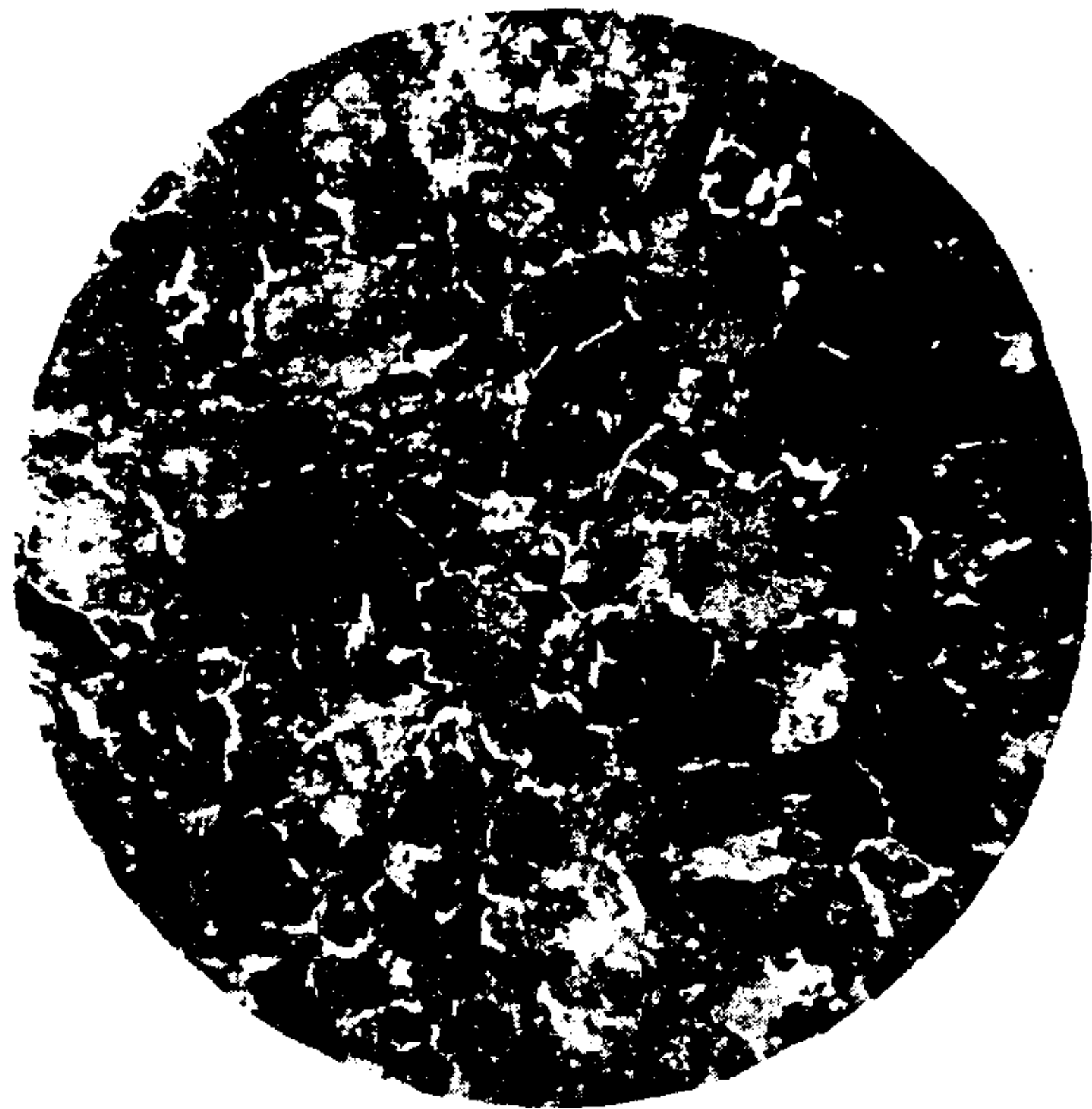


图 28B 铁5



图 29A 铁10

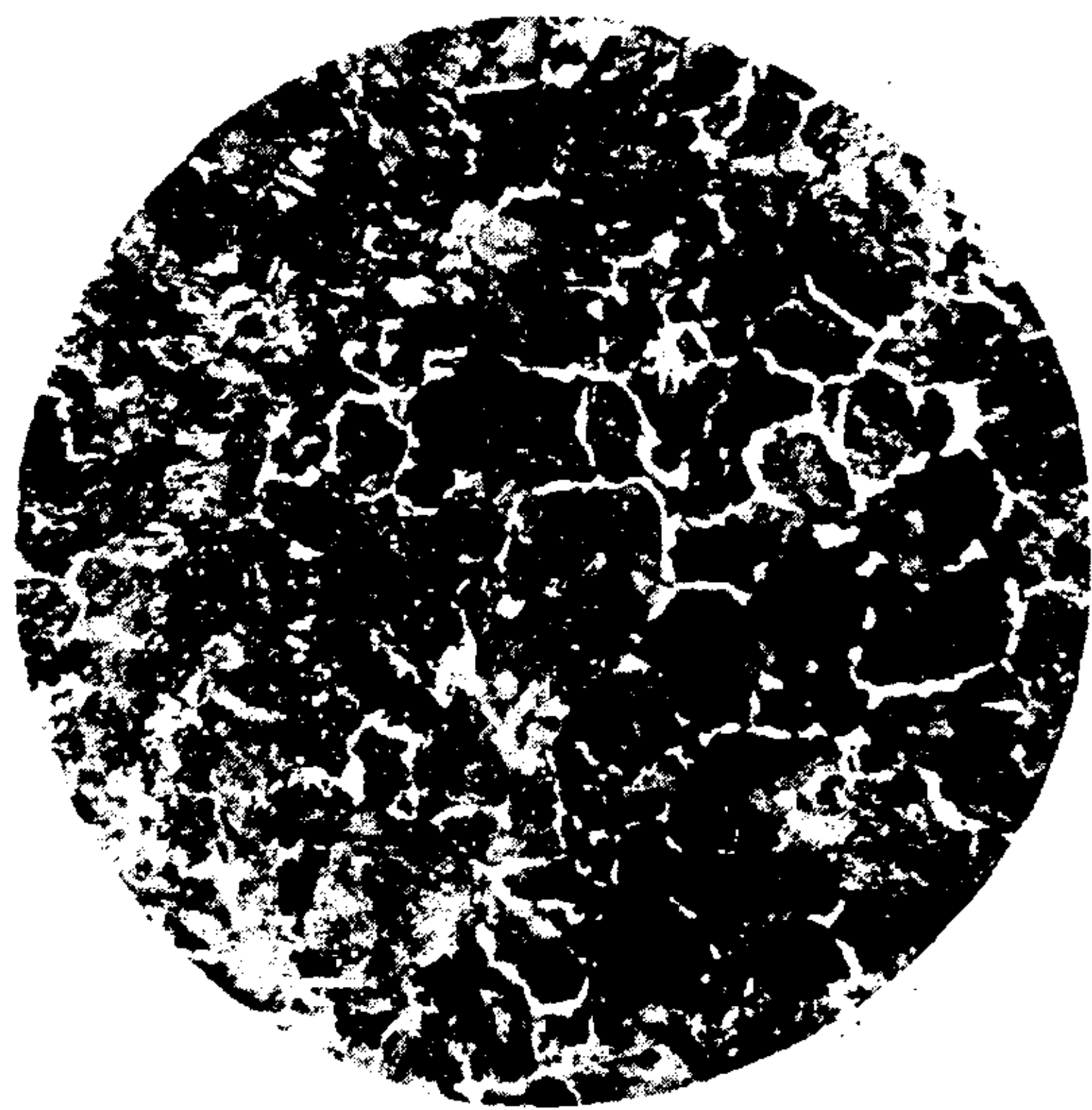


图 29B 铁10

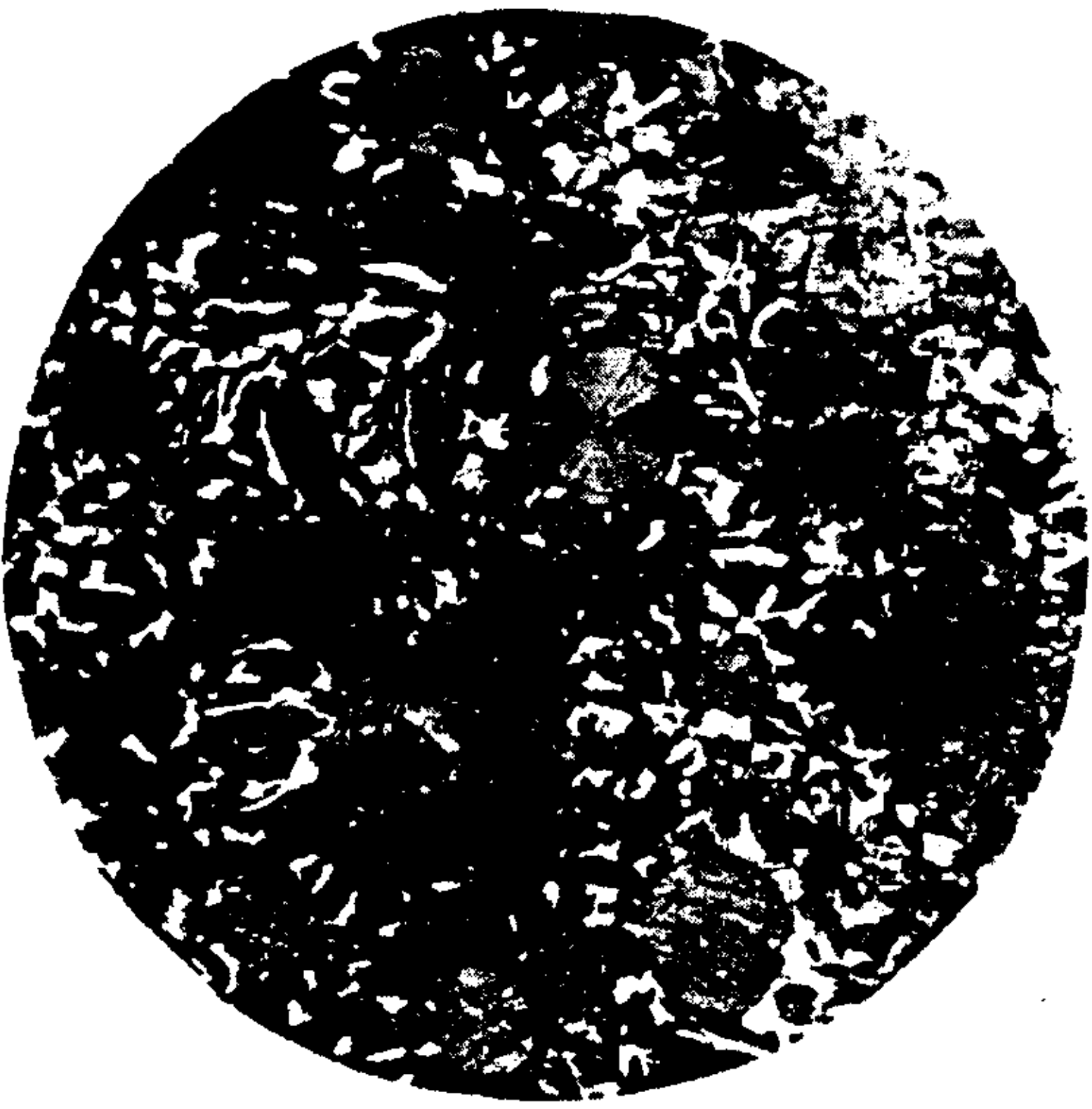


图 30A 铁15

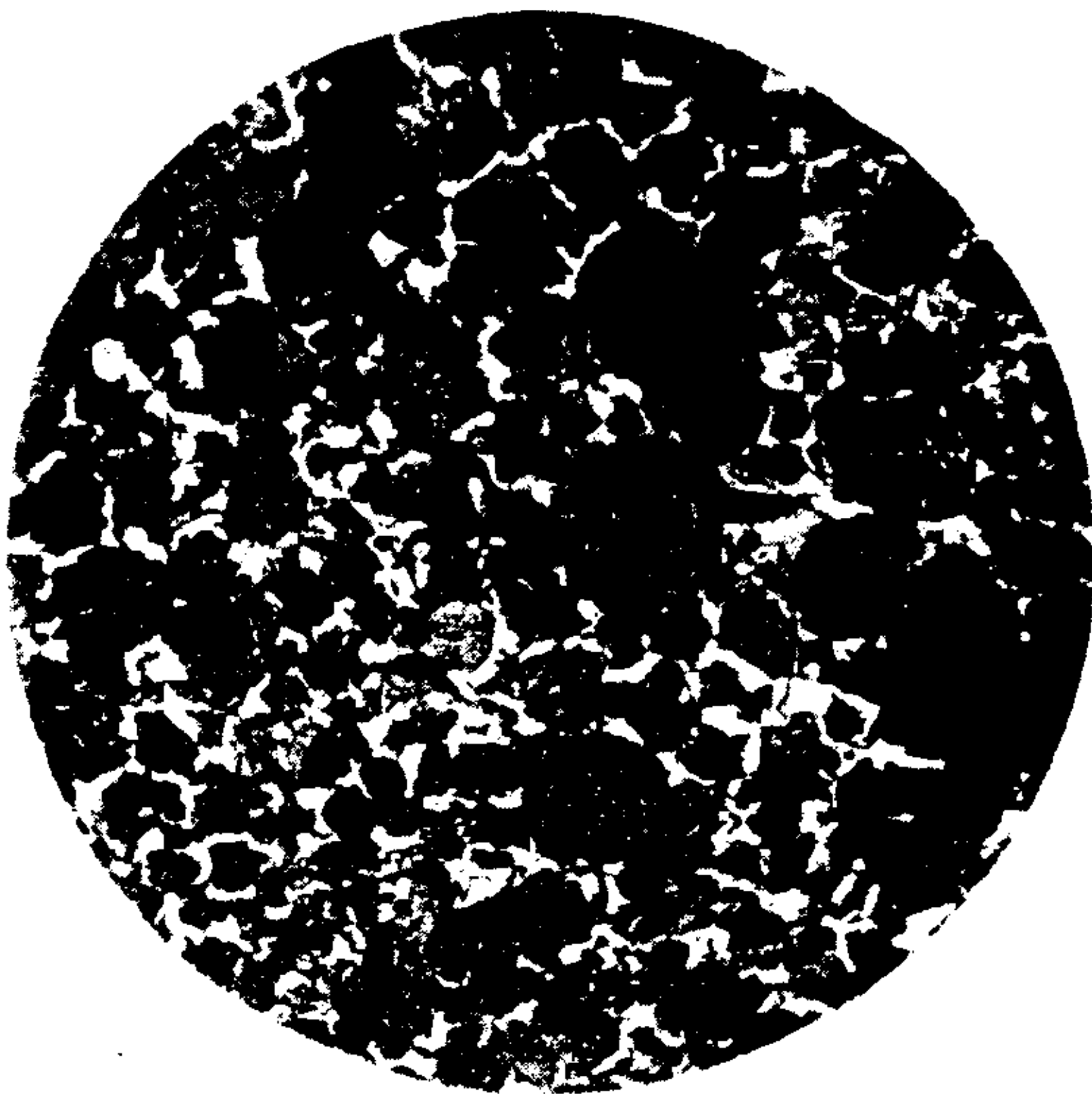


图 30B 铁15



图 31A 铁20

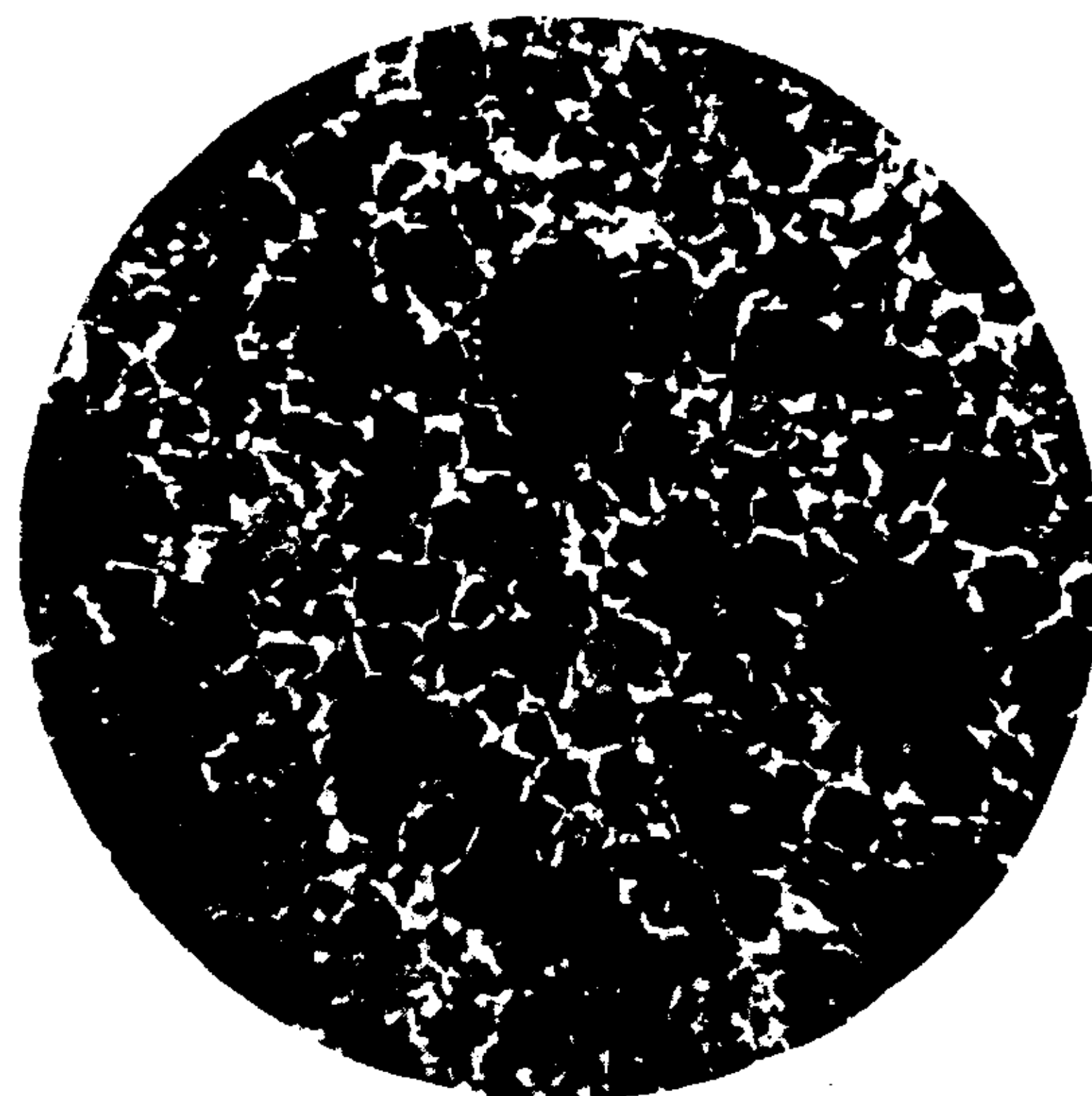


图 31B 铁20

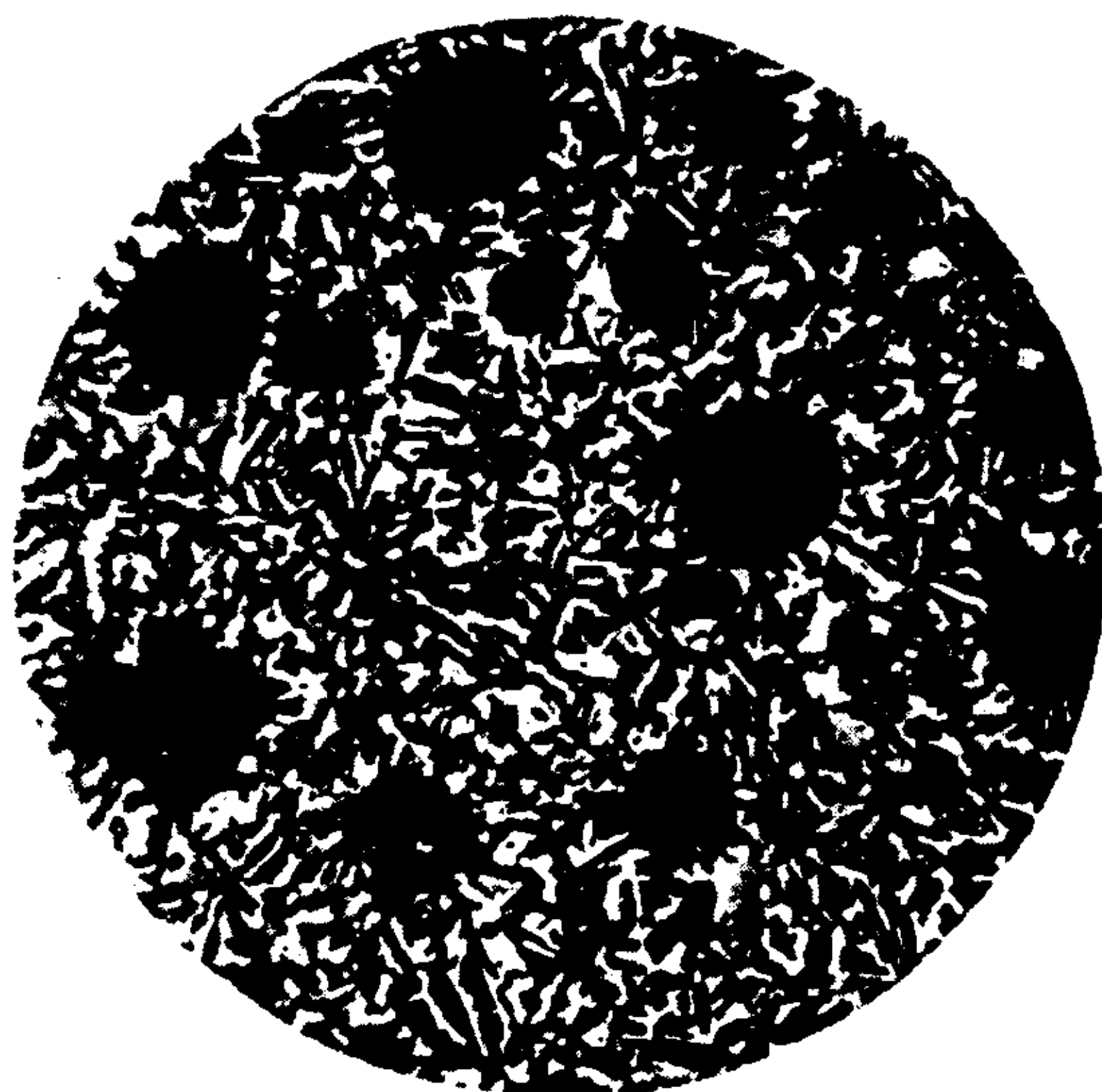


图 32A 铁25

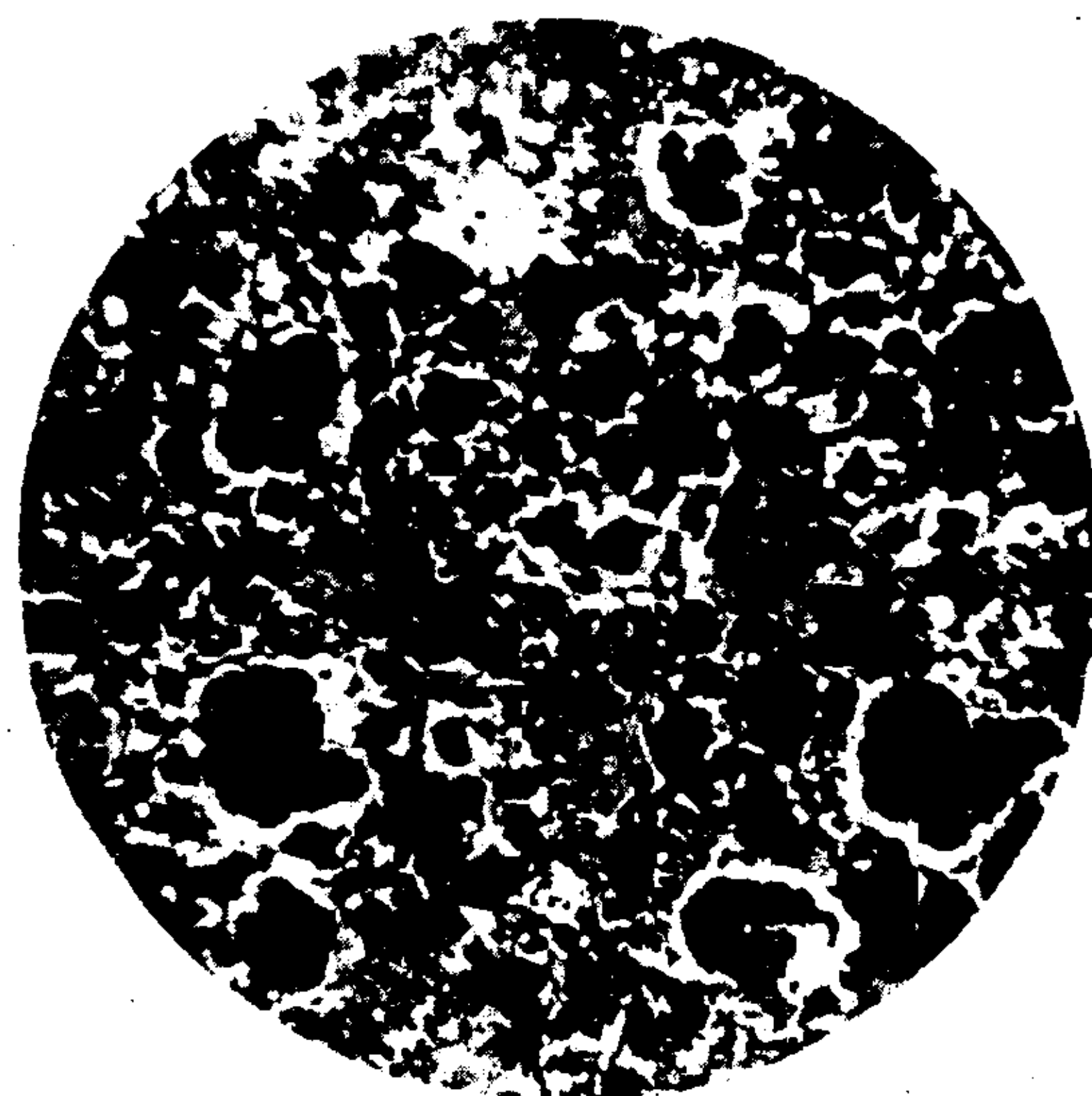


图 32B 铁25



图 33A 铁30

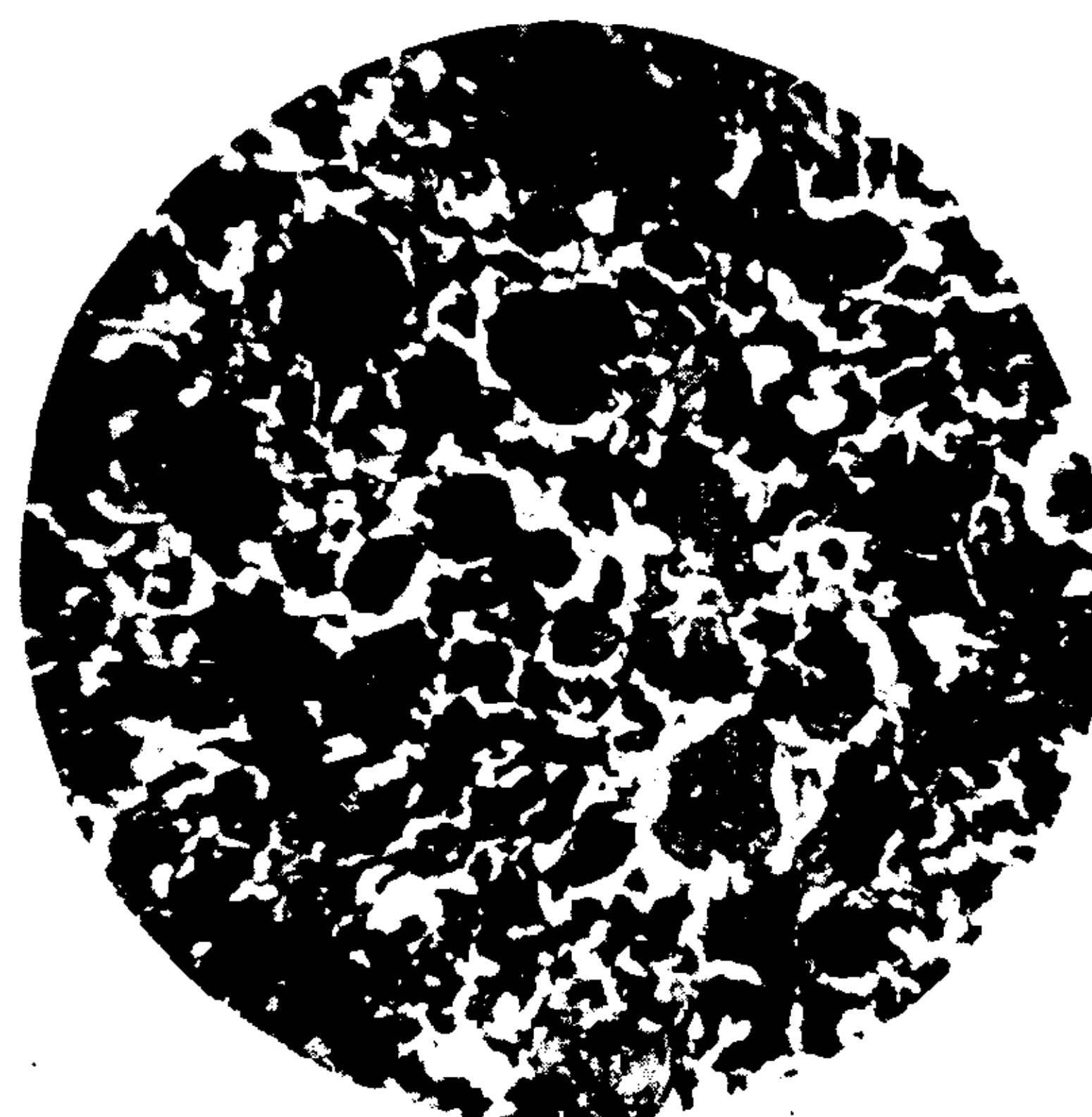


图 33B 铁30

4.6 磷共晶数量

评定时，应包括各种类型的磷共晶，见表 6 和图 34~38。

表 6 磷共晶数量分级

级 别 名 称	磷共晶数量 (%)	图 号
磷 0.5	≈ 0.5	34
磷 1	≈ 1.0	35
磷 1.5	≈ 1.5	36
磷 2	≈ 2.0	37
磷 3	≈ 3.0	38

磷共晶数量分级图 (100×)

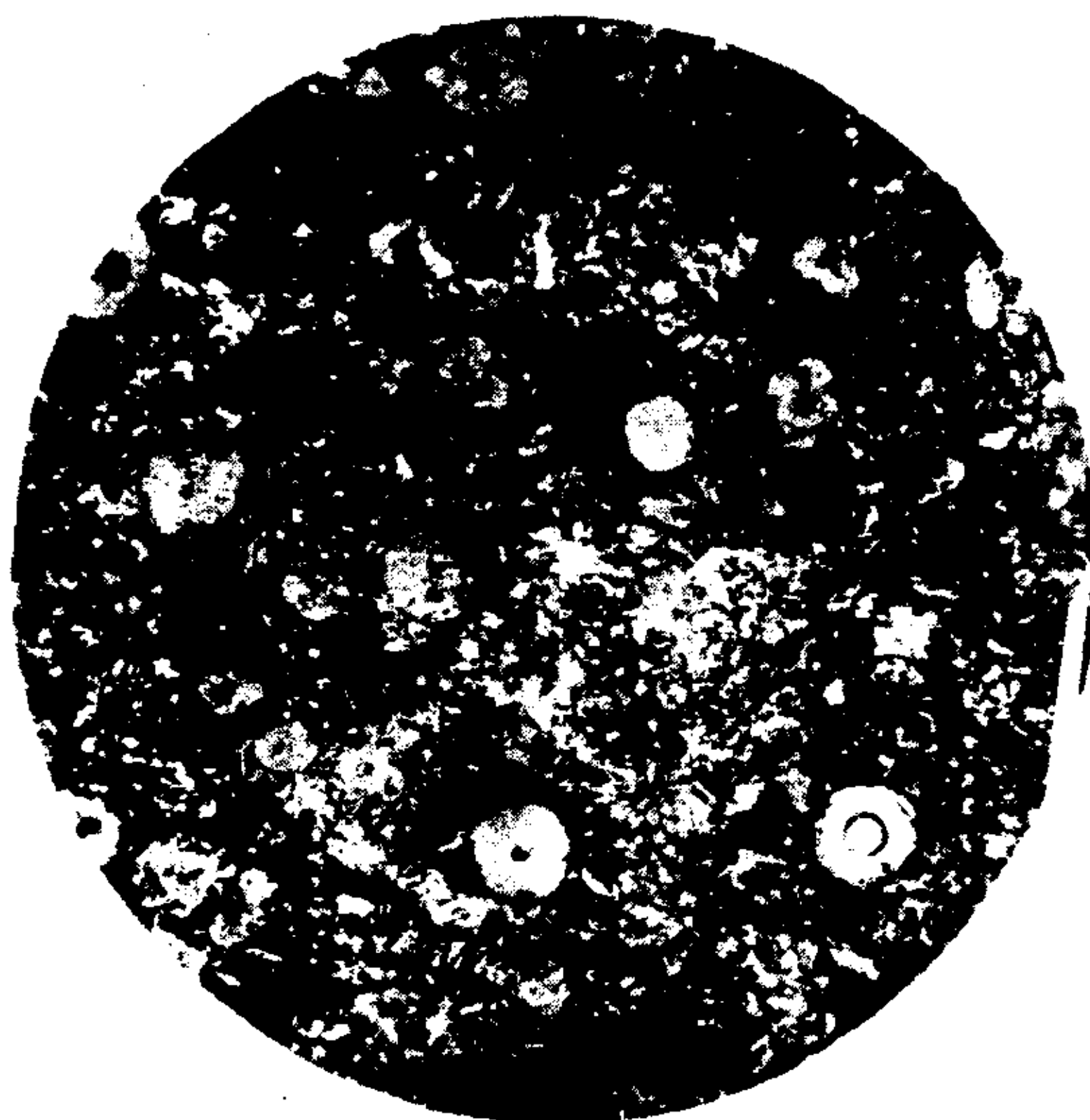


图 34 磷 0.5

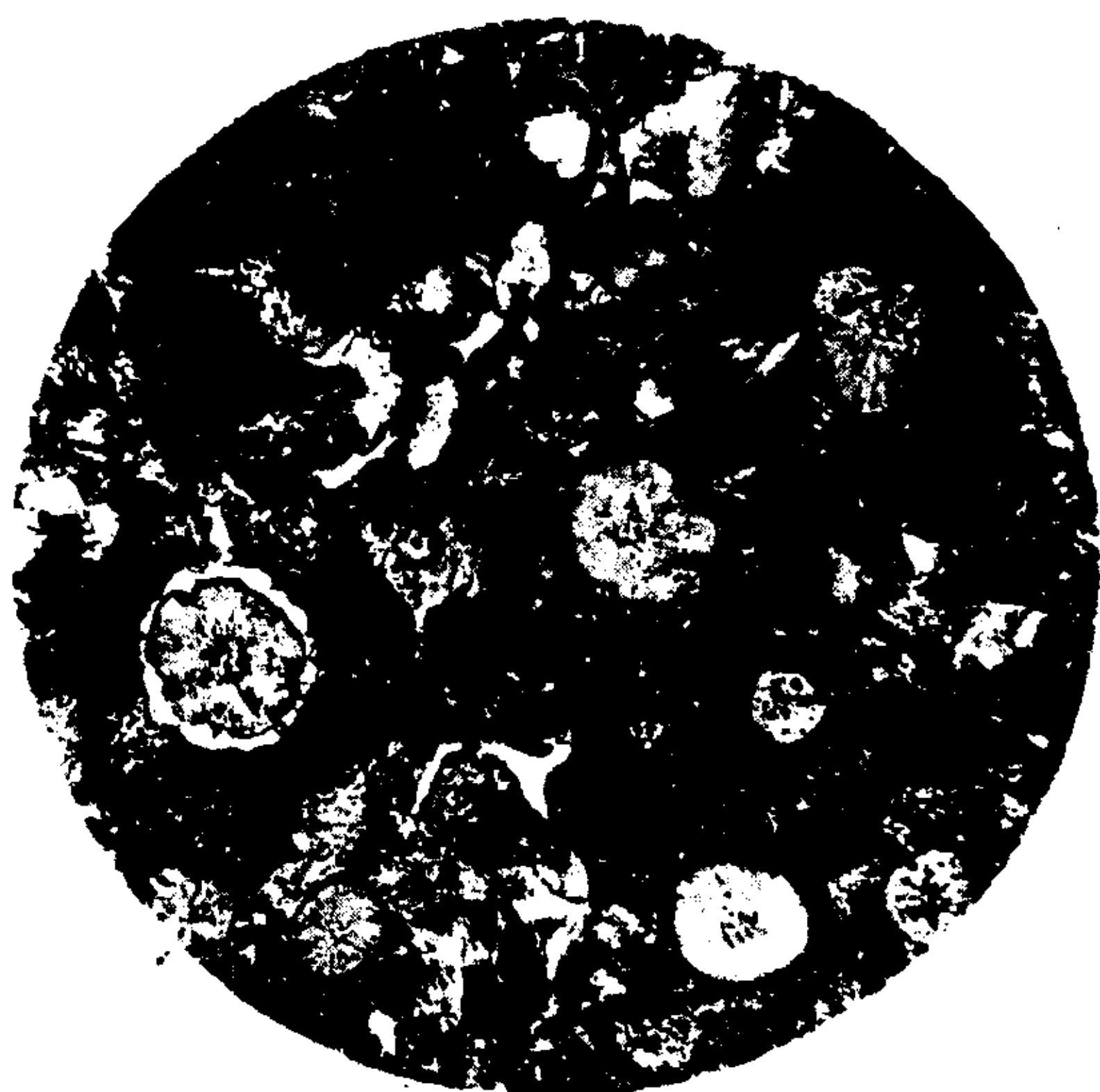


图 35 磷 1

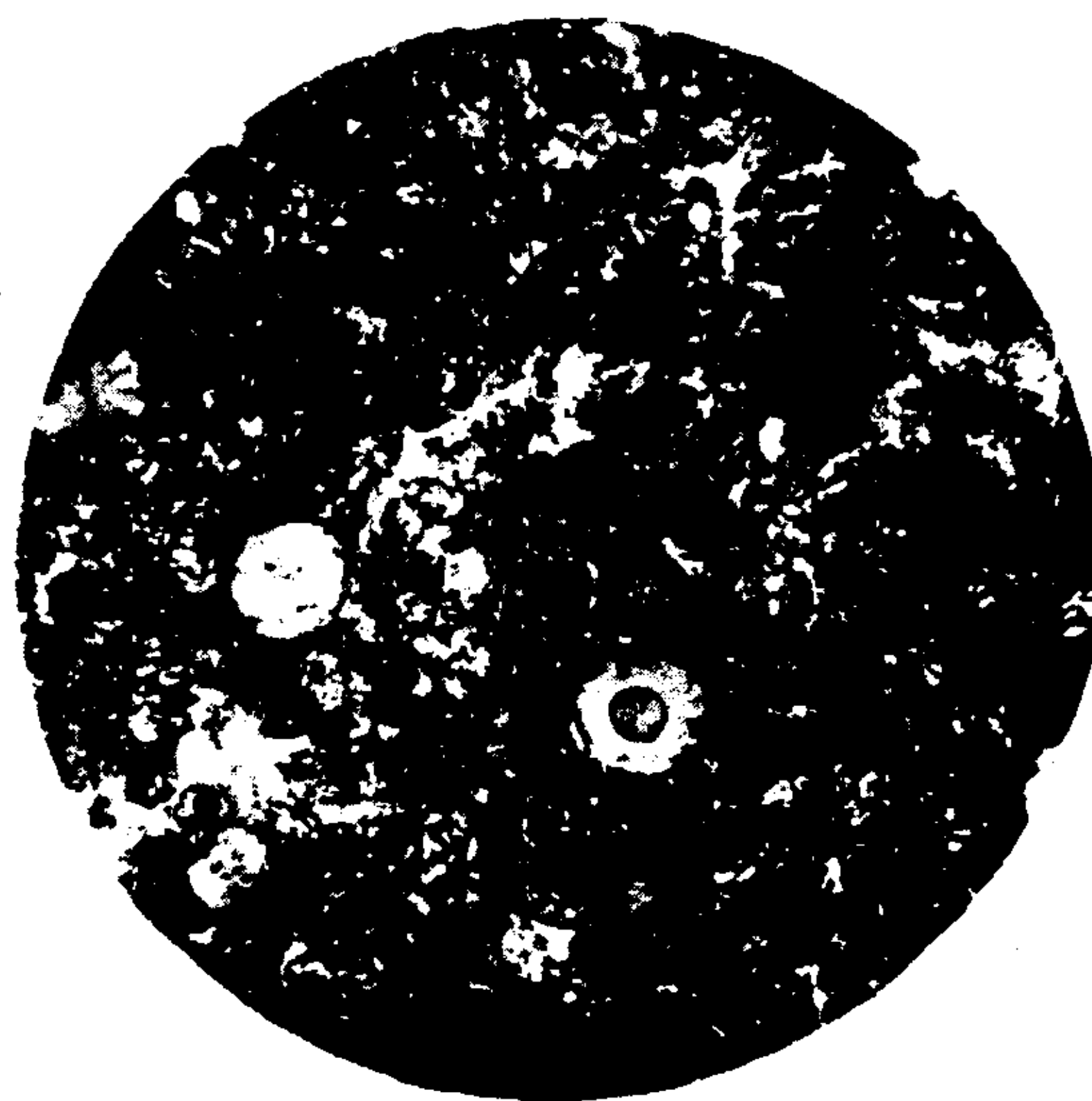


图 36 磷 1.5

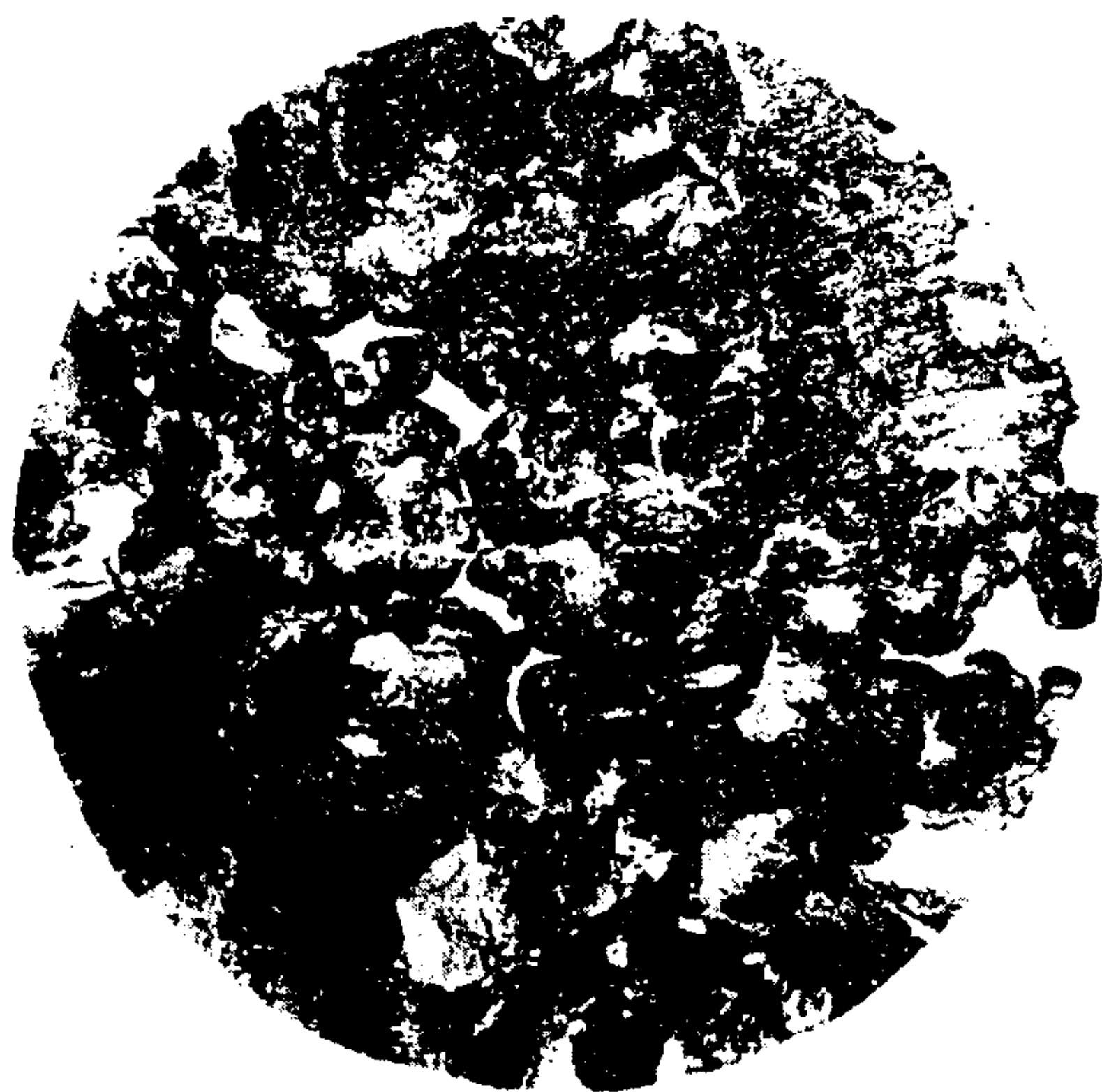


图 37 磷 2



图 38 磷 3

4.7 渗碳体数量

评定时, 应包括各种形态的渗碳体, 见表 7 和图 39~43。

表 7 渗碳体数量分级

级 别 名 称	渗碳体数量 (%)	图 号
渗 1	≈ 1	39
渗 2	≈ 2	40
渗 3	≈ 3	41
渗 5	≈ 5	42
渗 10	≈ 10	43

渗碳体数量分级图 (100×)

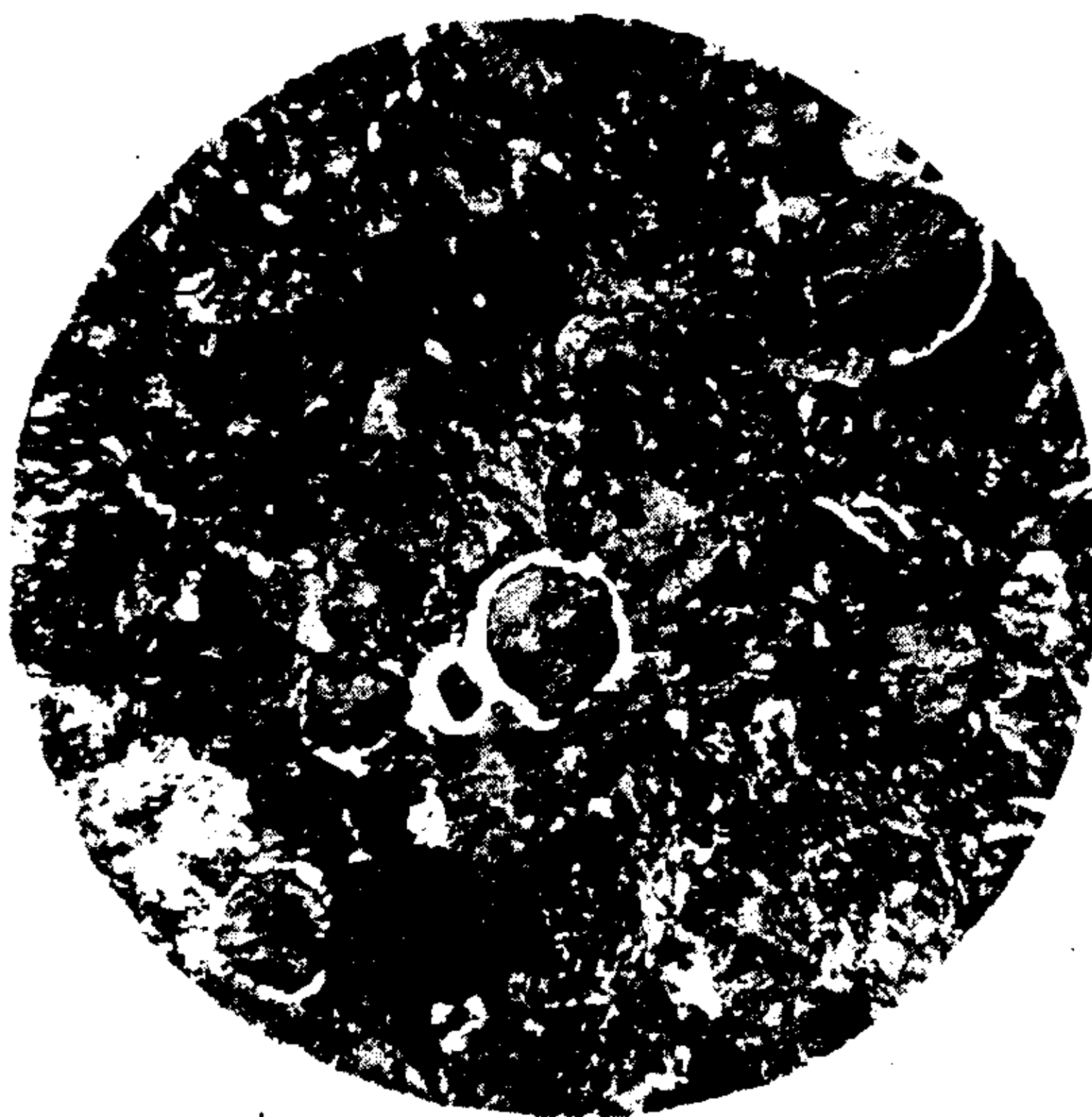


图 39 渗 1

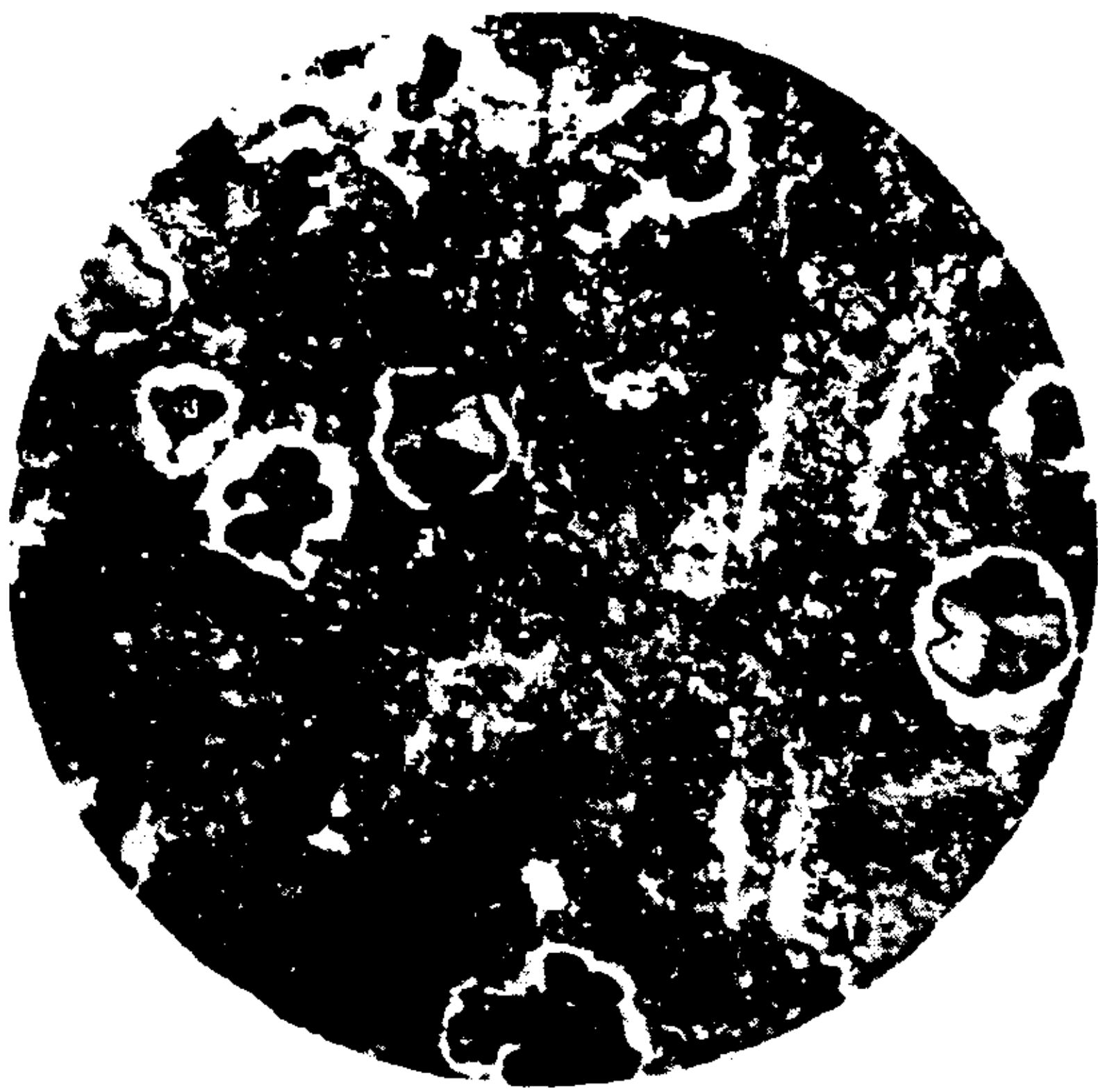


图 40 渗 2

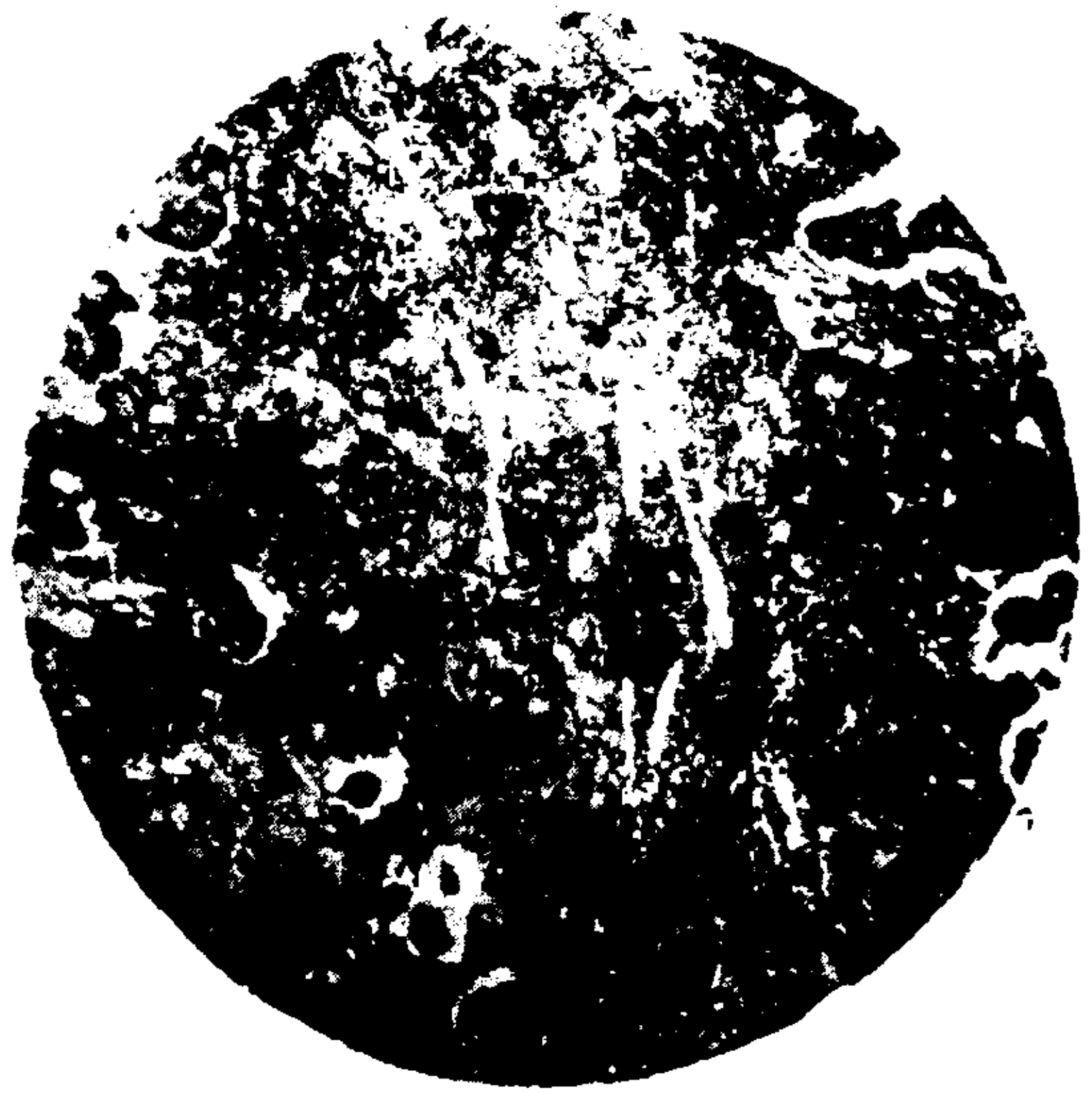


图 41 渗 3



图 42 渗 5

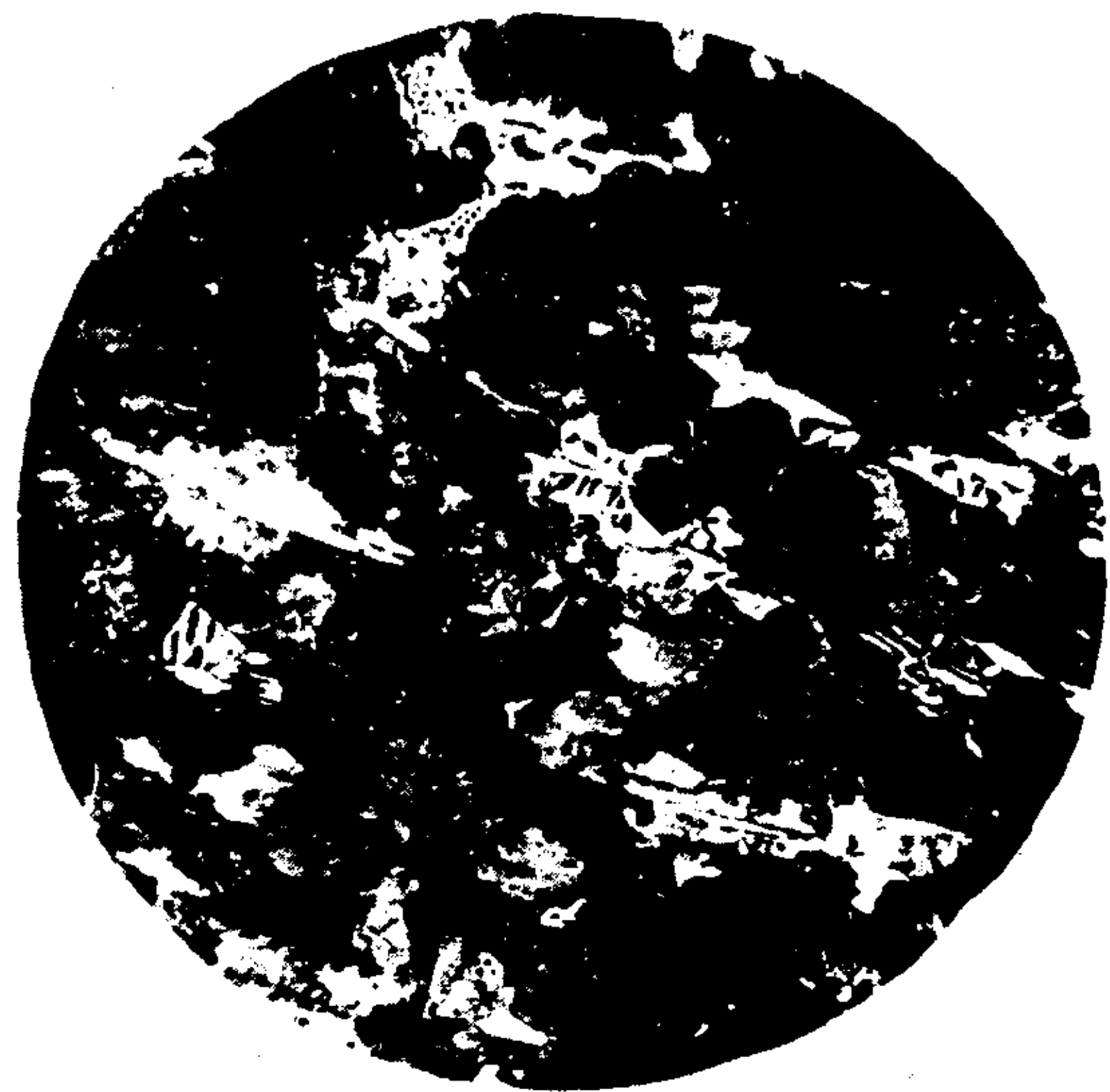


图 43 渗 10

附录 A
球化率计算方法
(补充件)

A.1 球化率计算

A 1.1 参照表 A 1 查出视场中每颗石墨的面积率, 对照表 A 2 换算成每颗石墨的球状修正系数, 再按下列公式计算该视场的球化率。

$$\text{球化率} = \frac{1 \times n_{1.0} + 0.8 \times n_{0.8} + 0.6 \times n_{0.6} + 0.3 \times n_{0.3} + 0 \times n_0}{n_{1.0} + n_{0.8} + n_{0.6} + n_{0.3} + n_0} \times 100\% \quad \text{..... (A 1)}$$

$n_{1.0}$ 、 $n_{0.8}$ 、 $n_{0.6}$ 、 $n_{0.3}$ 、 n_0 分别表示五种球状修正系数的石墨颗数。

A 1.2 石墨的面积率按下式计算:

$$\text{单颗石墨的面积率} = \frac{\text{石墨的实际面积}}{\text{石墨的最小外接圆面积}} \quad \text{..... (A 2)}$$

面积率可以用图像分析仪直接测定, 也可用其它近似方法测定, 确定外接圆时, 一般以石墨的最大投影长为直径。

A.2 球化率计算规则

A 2.1 计算时, 视场直径为 70mm, 被视场周界切割的石墨不计数, 日常生产检验时, 应按 3.2 条的有关规定计算球化率。

A 2.2 放大 100 倍时, 少量小于 2mm 的石墨不计数。若石墨大多数小于 2mm 或大于 12mm 时, 则可适当放大或缩小倍数, 视场内的石墨数一般不少于 20 颗。

表 A 1 各种形状石墨面积率的对照表















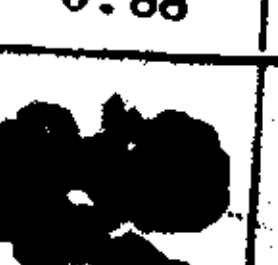
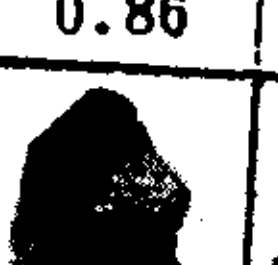

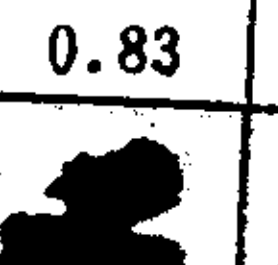
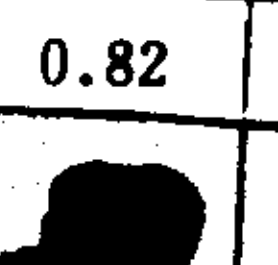
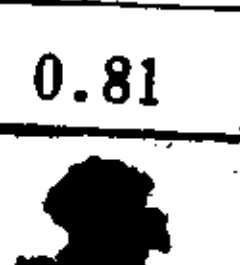




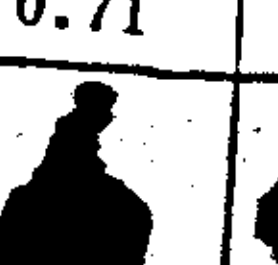
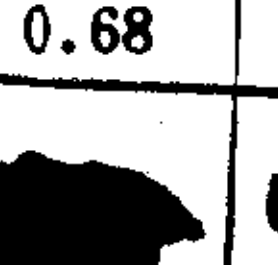
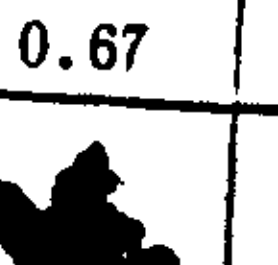
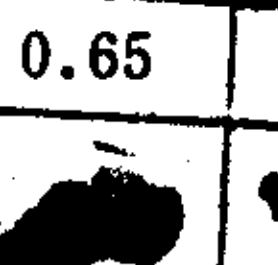
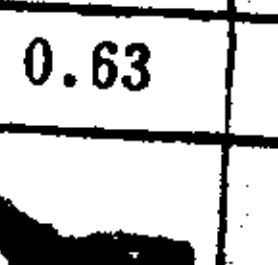
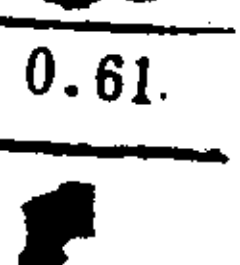



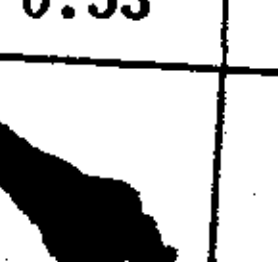
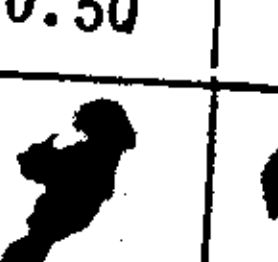
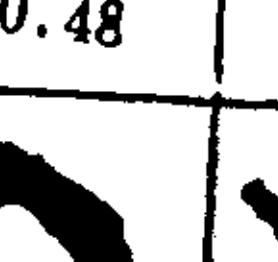
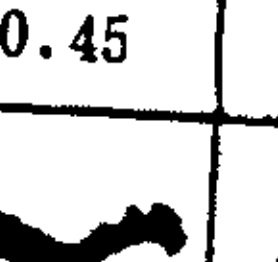
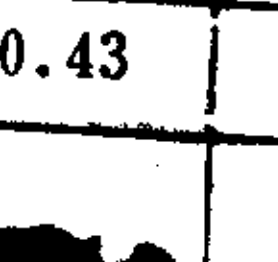
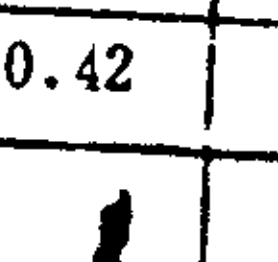
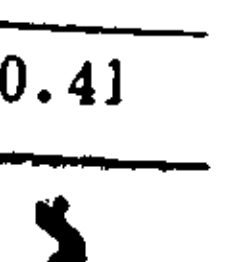

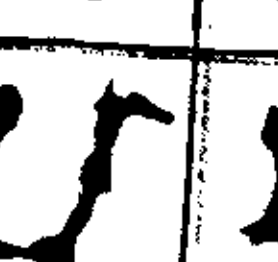
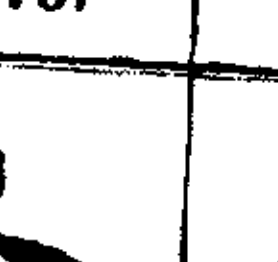

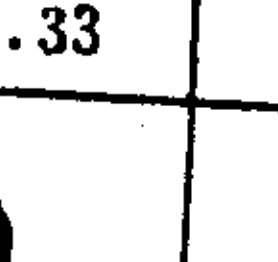
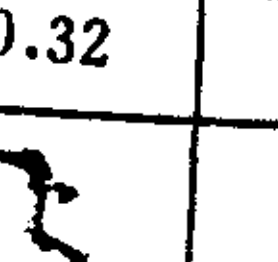
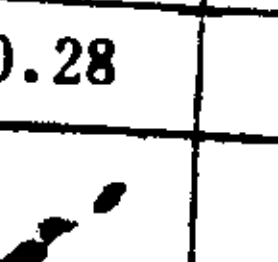
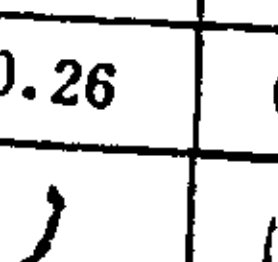
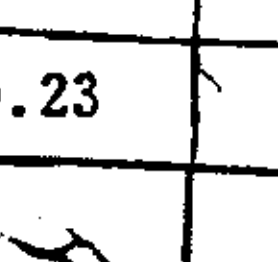
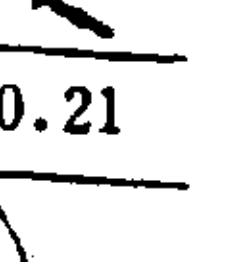
球状石墨										
面积率	0.98	0.96	0.94	0.90	0.88	0.86	0.84	0.83	0.82	0.81
团状石墨										
面积率	0.80	0.78	0.75	0.73	0.71	0.68	0.67	0.65	0.63	0.61
团聚状石墨										
面积率	0.60	0.58	0.55	0.53	0.50	0.48	0.45	0.43	0.42	0.41
蠕虫状石墨										
面积率	0.40	0.38	0.37	0.35	0.33	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21
蠕虫状和片状石墨										
面积率	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.14	0.10	0.08	0.07	0.05

表 A 2 石墨面积率和球状修正系数对照表

石墨面积率	>0.81	$0.80\sim0.61$	$0.60\sim0.41$	$0.40\sim0.21$	<0.20
球状修正系数	1.0	0.8	0.6	0.3	0

附加说明:

本标准由机械电子工业部提出。

本标准由沈阳铸造研究所归口。

本标准由上海材料研究所负责起草。

本标准主要起草人李炯辉。

自本标准实施之日起,原JB 1802—76《稀土镁球墨铸铁金相标准》作废。