

SJ

中华人民共和国机械电子工业部部标准

SJ 3197—89

铍青铜弹性元件的热处理

1989-02-10 发布

1989-03-01 实施

中华人民共和国机械电子工业部 发布

铍青铜弹性元件的热处理

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本标准规定了电子工业用铍青铜弹性元件的材料验收、热处理工艺规范、热处理质量控制和检验等有关细则。

1.2 适用范围

本标准适用于电子工业用铍青铜条、带材弹性元件的热处理，对棒、线材弹性元件仅作参考。

2 引用标准

GB 5233 加工青铜——化学成分和产品形状

YB 552 铍青铜条材和带材

GB 3134 铍青铜线

YB 720 铍青铜棒

YB 600 铍青铜化学成分分析方法

GB 4340 维氏硬度试验方法

GB 228 金属拉伸试验方法

GB 6397 金属拉伸试验试样

JB 1821 金属带材弹性性能试验方法

3 铍青铜热处理名词术语

3.1 退火

铍青铜的退火，即在 β 相共析转变温度以下，加热保温足够长时间。退火的目的主要是软化组织和消除应力。

3.1.1 低温退火

一般在 $550\sim 570^{\circ}\text{C}$ ，保温 $2\sim 6\text{h}$ 。经冷加工的铍青铜通过低温退火发生再结晶，消除加工硬化，通常作为中间软化工艺。

3.1.2 消除应力退火，一般在 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，保温 $1\sim 1.5\text{h}$ 。亦称稳定化处理。

3.2 固溶

铍青铜的固溶处理亦称淬火，即在固溶线以上加热，保温一定时间，然后迅速淬水冷却。固溶温度一般为 $770\sim 790^{\circ}\text{C}$ 。

固溶处理的目的是使铍青铜中的富铍相(β 相)充分固溶于基体中, 获得过饱和 α 固溶体, 为随后的时效强化作组织准备; 同时, 固溶处理后材料具有良好的塑性, 便于加工成型。

3.3 时效

经固溶处理或固溶后又经冷加工的铍青铜在适当温度下保温一定时间, 使过饱和 α 固溶体分解, 析出强化相。

时效处理的目的是通过过饱和 α 固溶体沉淀析出强化相, 获得理想的高强度、硬度、弹性等性能, 同时获得稳定的零件尺寸和形状。

3.3.1 峰值时效: 含铍 1.6~2.0%的铍青铜, 经 320~340℃, 保温 2~3h 时效处理, 由于强化相充分析出, 其强度和硬度达到最高值, 峰值时效适合于综合性能要求高的弹性元件。

3.3.2 欠时效: 低于峰值时效温度, 一般采用 250~280℃, 保温 2~3h。由于强化相析出不充分, 未达到最高的强度、硬度。欠时效适用于强度、弹性要求不高, 而塑性、韧性及疲劳性能有一定要求的弹性元件; 或者用来改善铍青铜的切削加工性能。

3.3.3 过时效: 高于峰值时效温度, 一般采用 350~400℃, 保温 0.5~2h。由于发生强化相聚集, 强度、硬度明显下降。过时效适用于强度、弹性要求不高, 而工作温度较高, 组织稳定性和导电性要求较高的弹性元件。

3.3.4 分步时效: 先在 150~240℃ 进行低温预时效, 然后在 320~340℃ 进行峰值时效。分步时效能提高弹性极限、疲劳寿命和应力抗松弛等性能。

3.3.5 双重或多重时效: 将时效分成二次或多次完成。能减少变形、稳定尺寸并进一步提高机械性能。

4 铍青铜材料

4.1 牌号、品种、供应状态及机械性能

铍青铜材料的牌号、品种、供应状态及机械性能应符合表 1 规定。

4.2 化学成分

铍青铜材料的化学成分应符合表 2 规定。

表1 牌号、品种、状态及机械性能

牌 号	品 种	状 态	抗拉强度 σ_b N/mm ²	延伸率 δ %	维氏硬度 HV	备 注
QBe2	板、带	C	390~590	>30	<130	YB552
		CY	>640	>2.5	>170	
	棒	M	>390	>30	HB100	YB720
		Y	>735	—	HB150	
		R	>390	>20	—	
	线	M	370~570	—	—	GB3134
		Y2	540~785	—	—	
Y		>785	—	—		
QBe1.9	板、带	C	390~590	>30	<120	YB552
		CY	>640	>2.5	>160	
QBe1.7	板、带	CY	>590	>2.5	>150	YB552
QBeMg2-0.1	板、带	C	410~540	>35	90~130	
		CY4	520~610	>10	120~180	
		CY2	590~690	>5	180~215	
		CY	690~830	>2	215~250	
QBeMg1.7-0.1	板、带	C	410~540	>35	90~130	
		CY4	520~610	>10	120~180	
		CY2	590~690	>5	180~215	
		CY	690~830	>2	215~250	

注：厚度<0.25mm的条、带材及直径<1.0mm的线材， σ_b 、 δ 不作规定。

表 2 化学成分 (%)

牌 号	合 金 元 素					杂质元素(最大)				
	Cu	Be	Ni	Ti	Mg	Al	Si	Fe	Pb	总和
QBe2	余量	1.90~2.20	0.20~0.50	—	—	0.15	0.15	0.15	0.005	0.50
QBe1.9	余量	1.35~2.10	0.20~0.40	0.10~0.25	—	0.15	0.15	0.15	0.005	0.50
QBe1.7	余量	1.60~1.85	0.20~0.40	0.10~0.25	—	0.15	0.15	0.15	0.005	0.50
QBeMg2-0.1	余量	1.30~2.00	0.20~0.50	—	0.05~0.15	0.10	0.15	0.15	0.005	0.50
QBeMg1.7-0.1	余量	1.60~1.79	0.20~0.50	—	0.05~0.15	0.10	0.15	0.15	0.005	0.50

注: ①表中未列入杂质包括在杂质总和内。

②化学成分分析方法依据 YB600 规定及供需双方协议。

4.3 质量

4.3.1 供应材料的尺寸、允许偏差、表面质量应符合 YB 552、GB 3134 及 YB 720 规定。

4.3.2 铍青铜条、带材的晶粒度及 β 相组织应符合表 3 规定。

表 3 淬火态晶粒度及 β 相组织

厚 度 (mm)	平均晶粒度 (mm)	β 相 组 织
< 0.30	0.015~0.045	允许少量呈颗粒状存在(一级、二级), 不允许呈长条状或连续链状存在(三级)。
0.30~1.50	0.015~0.055	
> 1.50	0.015~0.060	

5 热处理设备

5.1 加热设备

铍青铜热处理用加热设备主要有: 箱式电炉, 管式通保护气氛电炉、井式空气循环电炉、真空电炉、盐浴槽和油浴槽等。推荐采用铍青铜热处理专用设备: 氨分解保护气氛固溶炉和真空时效炉。

5.2 控温仪表

加热炉使用的自动控温和记录仪表、热电偶、补偿导线等应定期检定。为保证控制精度, 推荐用 PID 或微机自动控温仪。一般加热炉有效均温区内, 均温性应保证在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 内。

5.3. 冷却槽

冷却槽应设置在固溶炉下面或附近, 并有足够的容积及提供清洁的流动水, 保证淬火零件迅速而均匀的冷却。

6 铍青铜的热处理

6.1 热处理工艺规范

6.1.1 常规处理(固溶和峰值时效)工艺规范应符合表 4 规定。

表 4 常规热处理工艺规范

固 溶 处 理			
牌 号	温 度(℃)	元件厚度或直径(mm)	保 温 时 间(min)
QBe2	780±10	<0.3	4~10
QBe1.9		0.3~0.6	8~12
QBe1.7		0.6~1.0	10~16
QBeMg2-0.1		1.0~3.0	14~30
QBeMg1.7-0.1		Φ3~Φ20	20~45
时 效 处 理			
牌 号	温 度(℃)	材 料 状 态	保 温 时 间(h)
QBe2	320±5	C	3
QBe1.9		CY4	2.5
QBe1.7			
QBeMg2-0.1	340±5	CY2	2
QBeMg1.7-0.1		CY	2

注:①本节中所指时效处理为峰值时效处理。

②厚度直径栏内的规格系指每种牌号均包括表内 5 种规格。

③材料状态栏内的状态系指每种牌号材料均包括表内 4 种状态。

④零件较大或装炉量较多时,固溶和时效保温时间应适当延长。

6.1.2 为了获得高的延展性、电导率、尺寸精度、疲劳寿命、低弹性后效和抗应力松弛等特殊性能,可采用特殊的时效热处理工艺,其机械性能不受表 5 限制。

6.2 时效处理后的机械性能应符合表 5 规定。

表5 时效处理后的机械性能

牌 号	状 态	抗 拉 强 度 σ_b (N/mm ²)	延 伸 率 δ (%)	维 氏 硬 度 HV
QBe2	CS	>1130	>2.0	>320
	CYS	>1175	>1.5	>360
QBe1.9	CS	>1130	>2.0	>350
	CYS	>1175	>1.5	>370
QBe1.7	CYS	>1080	>2.0	>340
QBeMg2-0.1	CS	1100~1340	>3.0	325~400
	CY4S	1180~1410	>2.0	350~430
	CY2S	1240~1480	—	360~440
	CYS	1270~1520	—	380~450
QBwMg1.7-0.1	CS	1030~1240	>3.0	310~370
	CY4S	1100~1310	>2.0	330~410
	CY2S	1180~1380	—	345~420
	CYS	1230~1450	—	360~430

注: ①S 为时效态。

②本节中对铍青铜热处理后的组织和性能要求适用于条、带材, 而对棒、线材仅作参考。

6.3 热处理质量控制

6.3.1 热处理表面质量控制

热处理前应用汽油、无水乙醇等清洗剂将零件清洗干净、晾干、清除表面油污、手汗、水渍或其它腐蚀性物质。

铍青铜的固溶处理应在保护气氛或真空加热炉中进行。铍青铜的时效处理若在空气、油浴或盐浴介质中进行时, 会造成表面氧化、变色, 虽对材料机械性能无显著影响, 但会影响外观且对焊接与电镀不利。为防止氧化, 提高表面光洁度, 推荐采用保护气氛或真空时效热处理。时效后应冷却至 100℃ 以下, 才能停抽真空或停保护气氛。

常用保护气氛为: 氮气、氢气、一氧化碳, 一般由氨气、石油气、甲醇、乙醇等分解而得。操作时应严格控制气体纯度和流量。

采用真空时效时, 一般真空度应保持在 $6.67P_a (5 \times 10^{-2} \text{mmHg})$ 以上。

6.3.2 固溶处理过程中晶粒长大的控制

固溶处理的质量直接影响时效后铍青铜的使用性能, 因此必须按表 3 的晶粒度要求, 严格控制固溶处理过程中的晶粒长大。对于重要零件应进行预试验, 根据晶粒度要求, 确定合适的固溶处理工艺规范。

固溶处理温度过低或时间过短, 造成固溶不足, 降低时效强化作用; 且晶粒过于细

小, 导致时效时晶界反应量增多, 性能下降。

固溶处理温度过高或时间过长, 会引起过热而晶粒粗化, 机械性能下降, 甚至造成局部过烧而淬火开裂。固溶处理温度超过 800℃ 会出现过热, 超过 850℃ 时将导致过烧。

6.3.3 固溶处理后的冷却

固溶处理后应尽快将零件从炉内淬入水中, 以防第二相析出。淬火延滞时间, 薄细零件不得超过 2S, 一般零件不得超过 3S。淬火冷却介质采用流动水, 水温应在 25℃ 以下。

6.3.4 重淬

固溶处理后晶粒度过细或 β 相过多以及机械性能达不到要求时(晶粒度超上限者除外), 允许重新进行固溶处理。一般重淬次数不得超过 2 次。

6.3.5 时效处理过程中晶界不连续析出的控制

牌号为 QBe2, QBe1.9, QBe1.7 的材料, 其 r 相在晶界的不连续析出对时效温度较敏感, 应严格控制时效温度和时间, 峰值时效后, 其晶界反应量应控制在 8% 以内。含微量镁的 QBeMg2-0.1 和 QBeMg1.7-0.1 材料, 由于镁的加入明显抑制了晶界反应, 可适当提高时效温度或时间; 峰值时效后, 其晶界反应量不得超过 2%。

6.3.6 时效变形的控制

铍青铜材料时效过程中, 因组织结构变化引起长度和体积收缩, 对于形状复杂的零件因收缩不均匀而产生变形。为防止或减少变形, 可采用合理的夹具; 必要时, 还可采用人工校正, 然后进行消除应力退火。

7 铍青铜弹性元件热处理后的检验

铍青铜弹性元件热处理后应按有关产品技术条件、设计文件和工艺文件的规定, 进行外观和各项组织、性能检验。

7.1 外观检验

7.1.1 零件经热处理后, 表面不得有起泡、裂纹、氧化锈蚀等现象。

7.1.2 时效处理后, 零件几何尺寸应符合图纸要求, 如有特殊技术要求者, 应在专用设备上进行检验。

7.2 金相检验

7.2.1 金相试样应取自与表面垂直且与轧制方向平行的最大纵截面上。晶粒度 β 相和晶界反应量的评定标准见附录 A、附录 B 和附录 C。

7.2.2 固溶处理后, 材料的晶粒度和 β 相组织应符合表 3 规定。

7.2.3 时效处理后, 材料的金相组织中, α 基体内应形成细小, 弥散分布的 r 相组织, 其晶界反应量应符合 6.3.5 条规定。

7.3 硬度试验

7.3.1 硬度试验按 GB 4340 进行。试验负荷应按表 6 选取。

表6 维氏硬度试验负荷表

试验负荷 (Kg)	软 态(c) 允许厚度(mm)	硬 度(cr) 允许厚度(mm)	时 效 态(s) 允许厚度(mm)
1	0.3~0.5	0.15~0.25	0.15~0.25
3	0.5~0.7	0.25~0.35	0.25~0.30
5	0.7~1.0	0.35~0.50	0.30~0.45
10	1.0~1.5	0.50~0.90	0.45~0.70
30	>1.5	>0.90	>0.70

注:①硬度值必须是直接测量值,不得用换算值。

②允许使用显微硬度计测量显微硬度(Hm),此时负荷为200g。

7.3.2 固溶处理后,硬度值应符合表1中软态材料的规定。

7.3.3 时效处理后,硬度值应符合表5规定。

7.4 拉伸试验

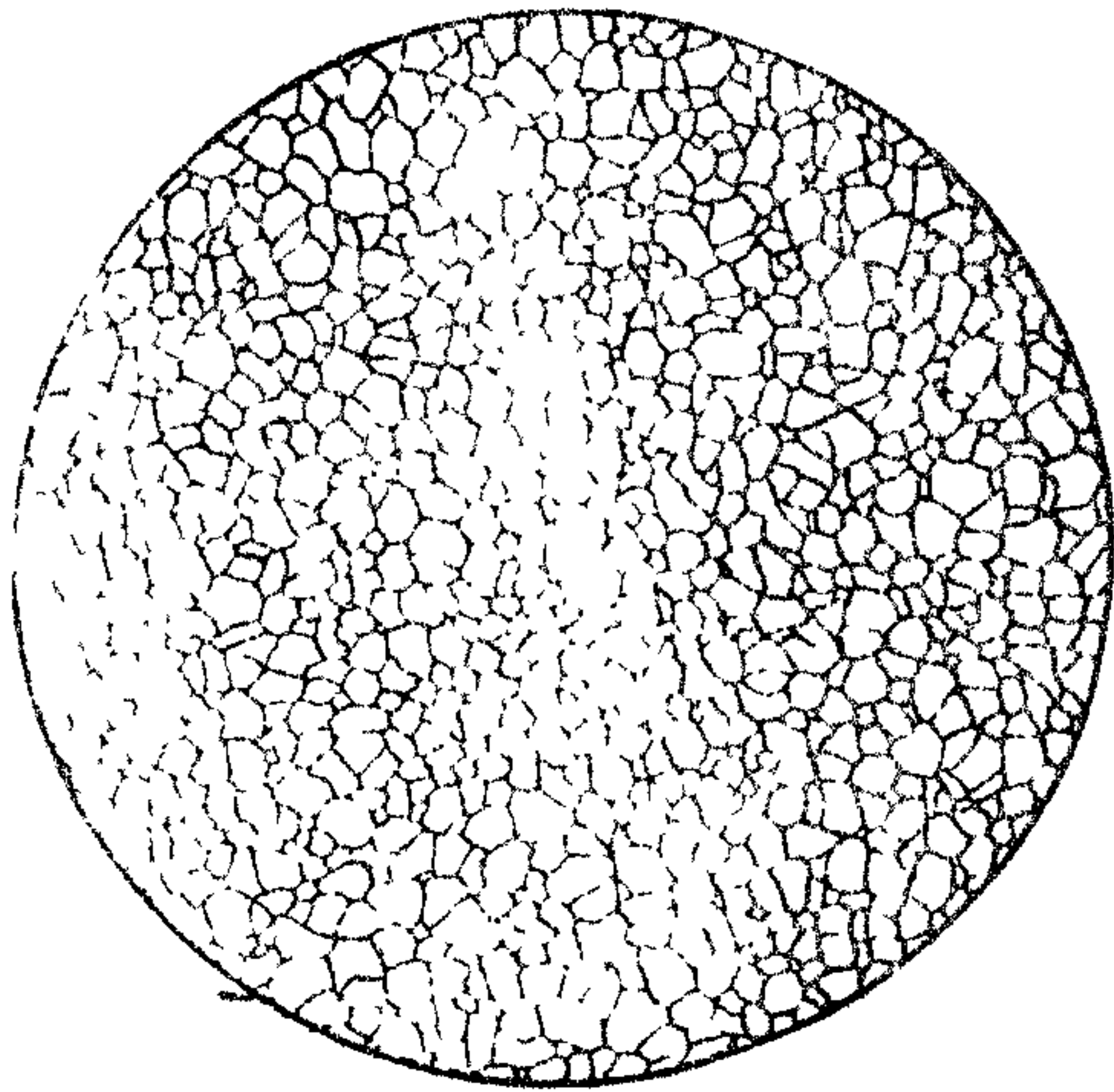
7.4.1 拉伸试验按GB 228进行。试样沿轧制方向制取,条、带采用GB 6397的P01或P8试样。如无法从零件上直接取样,应专门制成标准试样,随零件同炉进行热处理。

7.4.2 不同牌号、状态的铍青铜材料,经时效处理后,其抗拉强度、延伸率应符合表5规定。

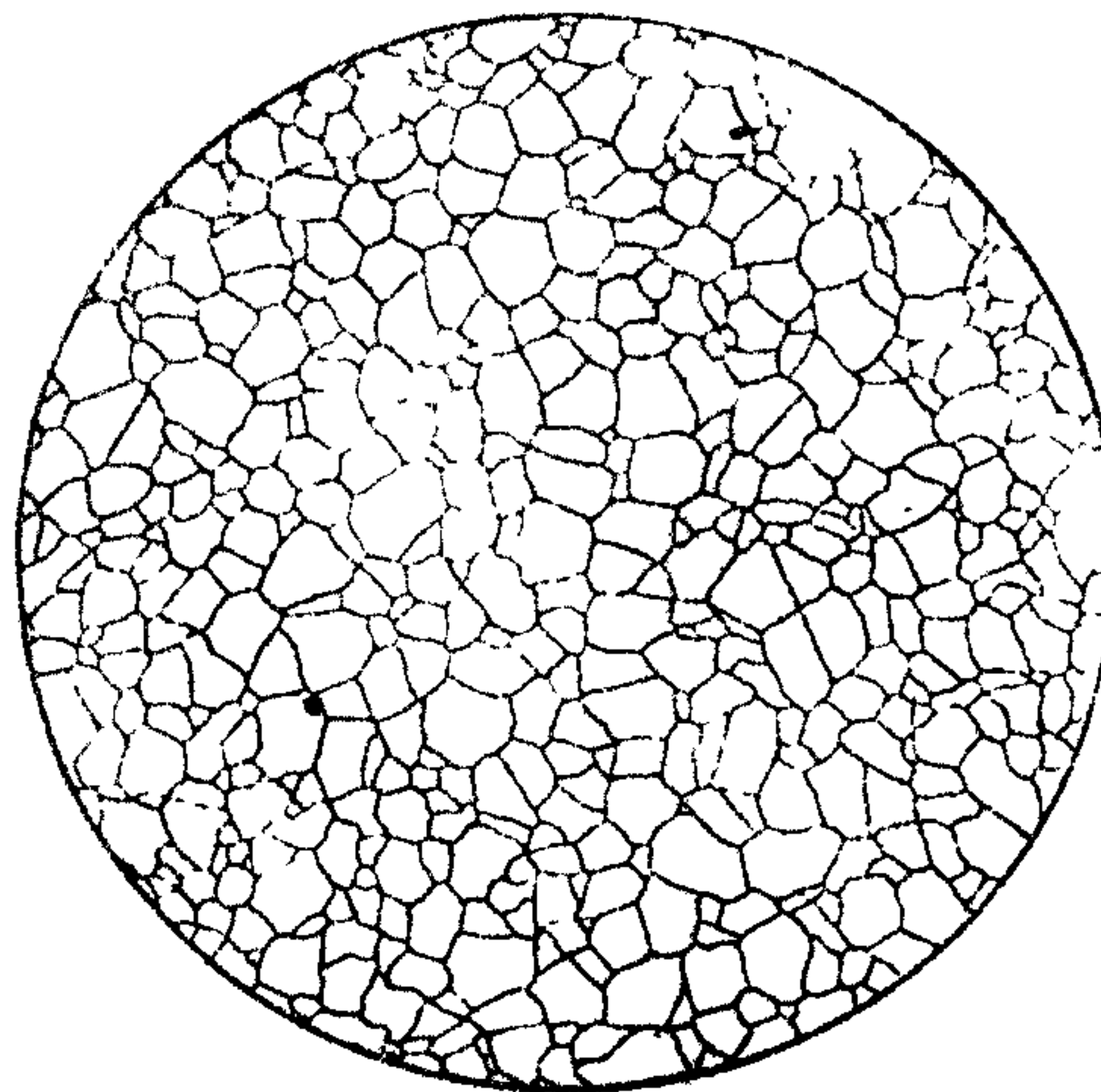
7.5 弹性性能试验

对于重要弹性元件,推荐进行弹性性能试验,检测时效处理后材料的弯曲弹性极限、弹性模量和弹性后效。弹性性能试验按JB 1821进行。

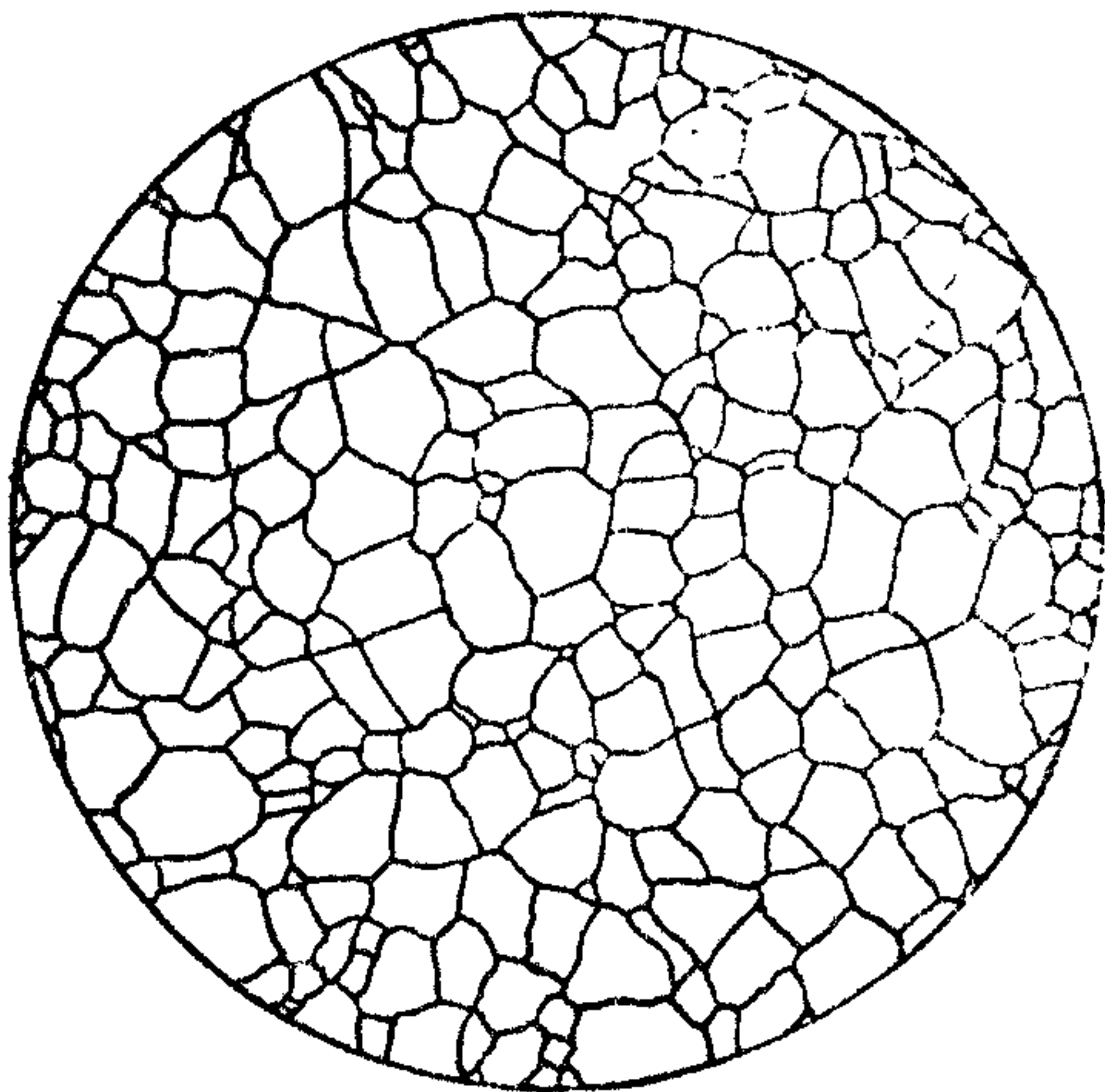
附录 A
 铍青铜固溶态晶粒度评定标准图
 (参考件)



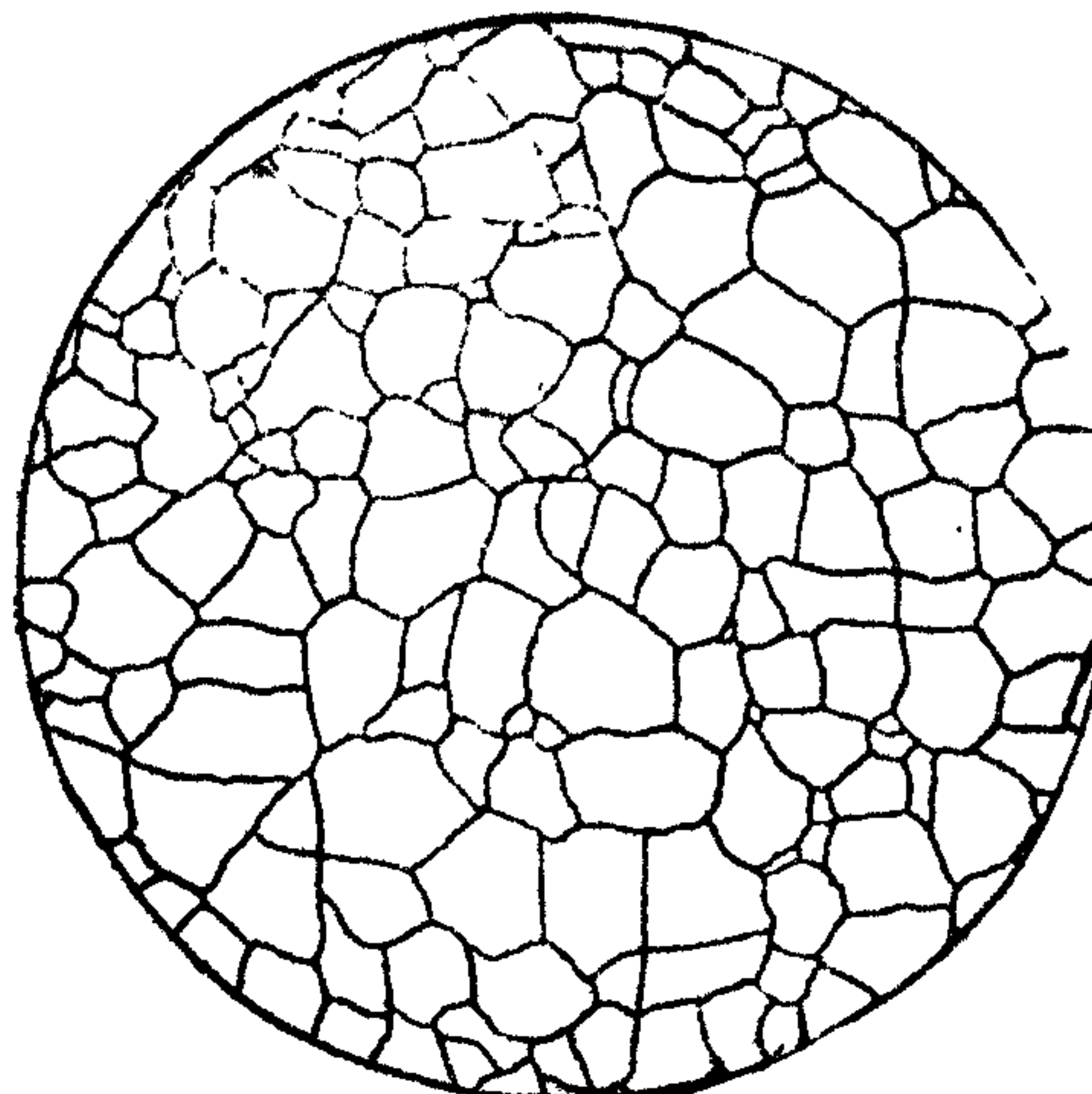
放大倍数	100	200
晶粒平均直径(μm)	20	10



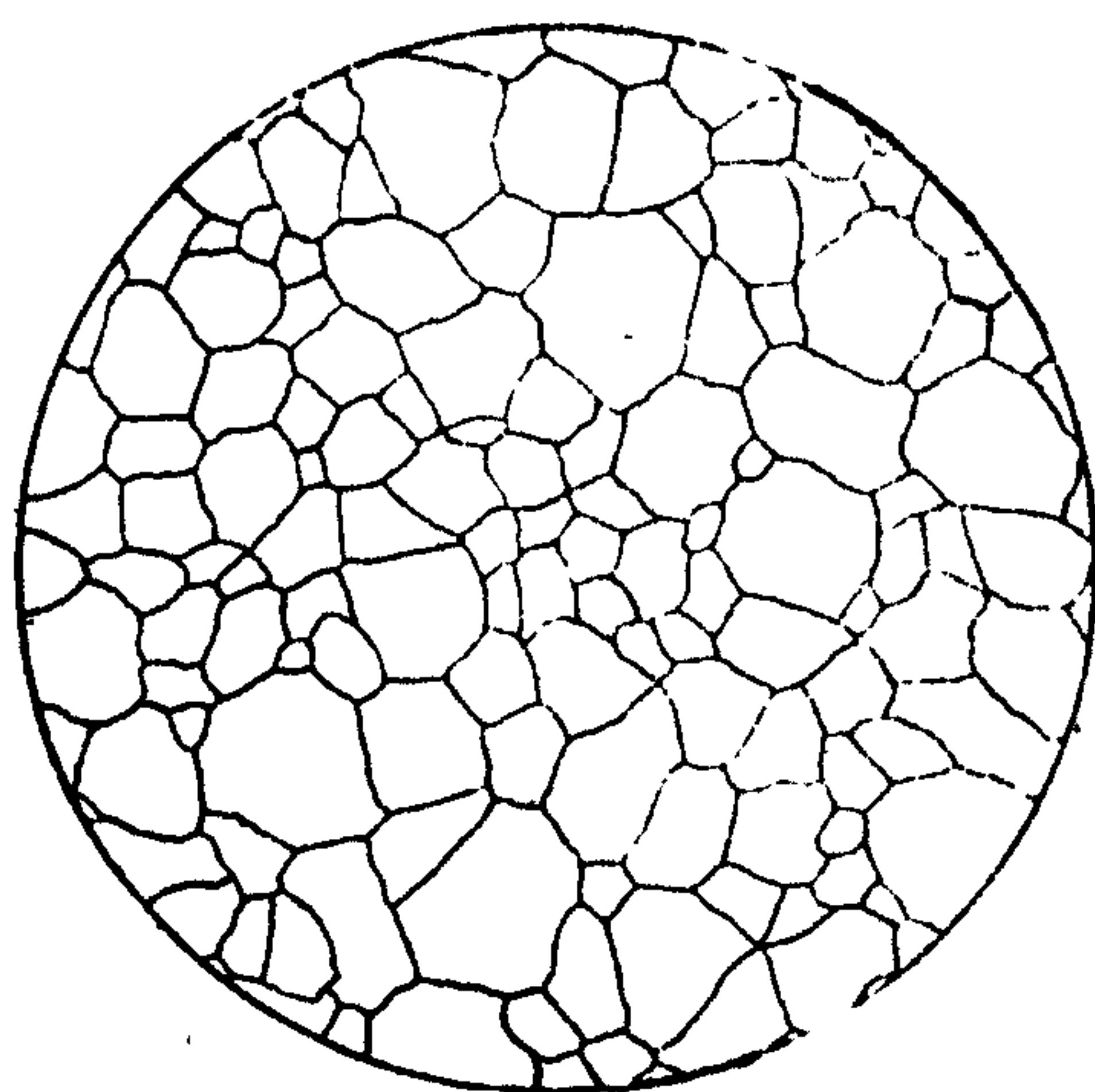
放大倍数	100	200
晶粒平均直径(μm)	30	15



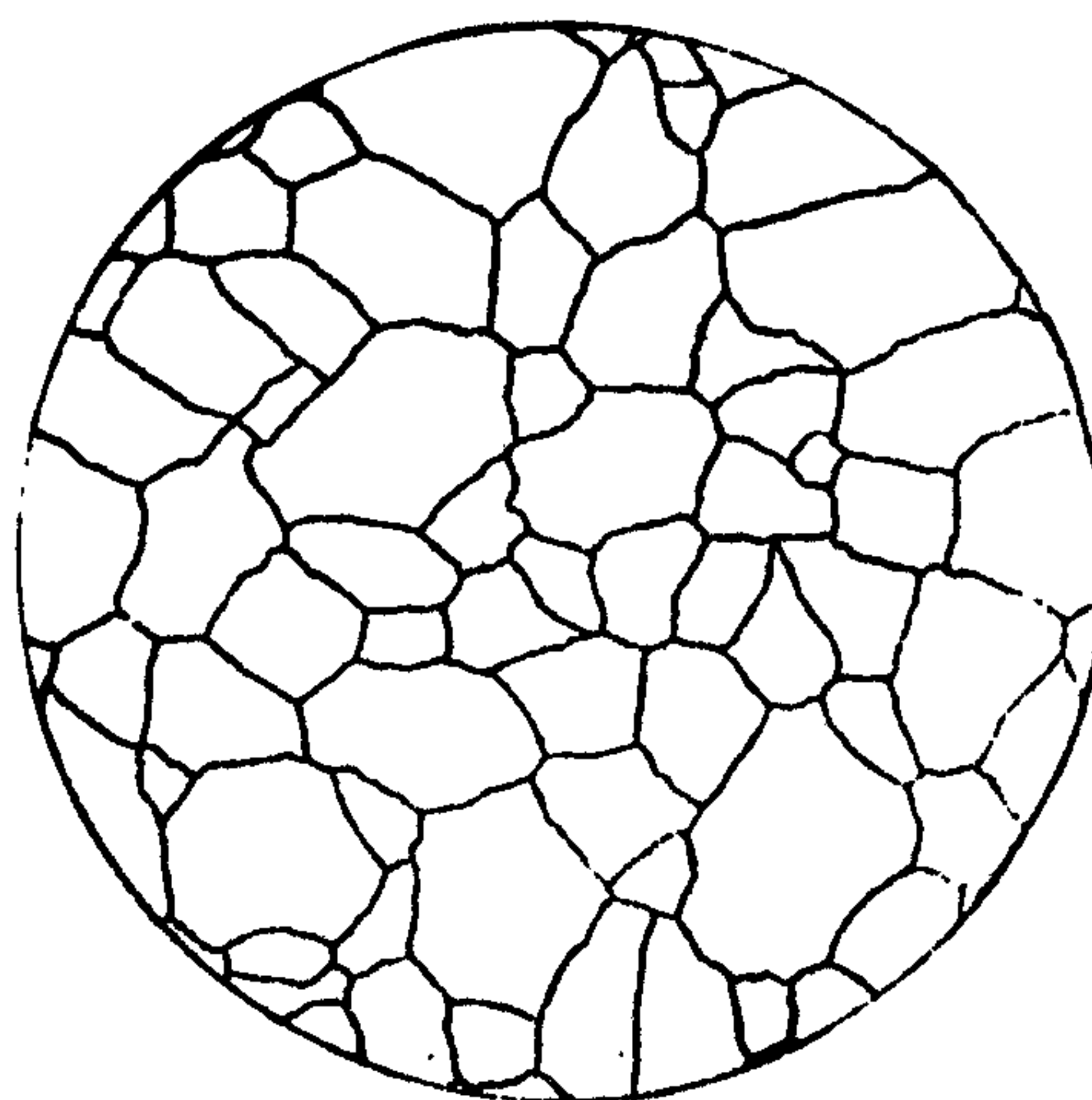
放大倍数	100	200
晶粒平均直径(μm)	45	22



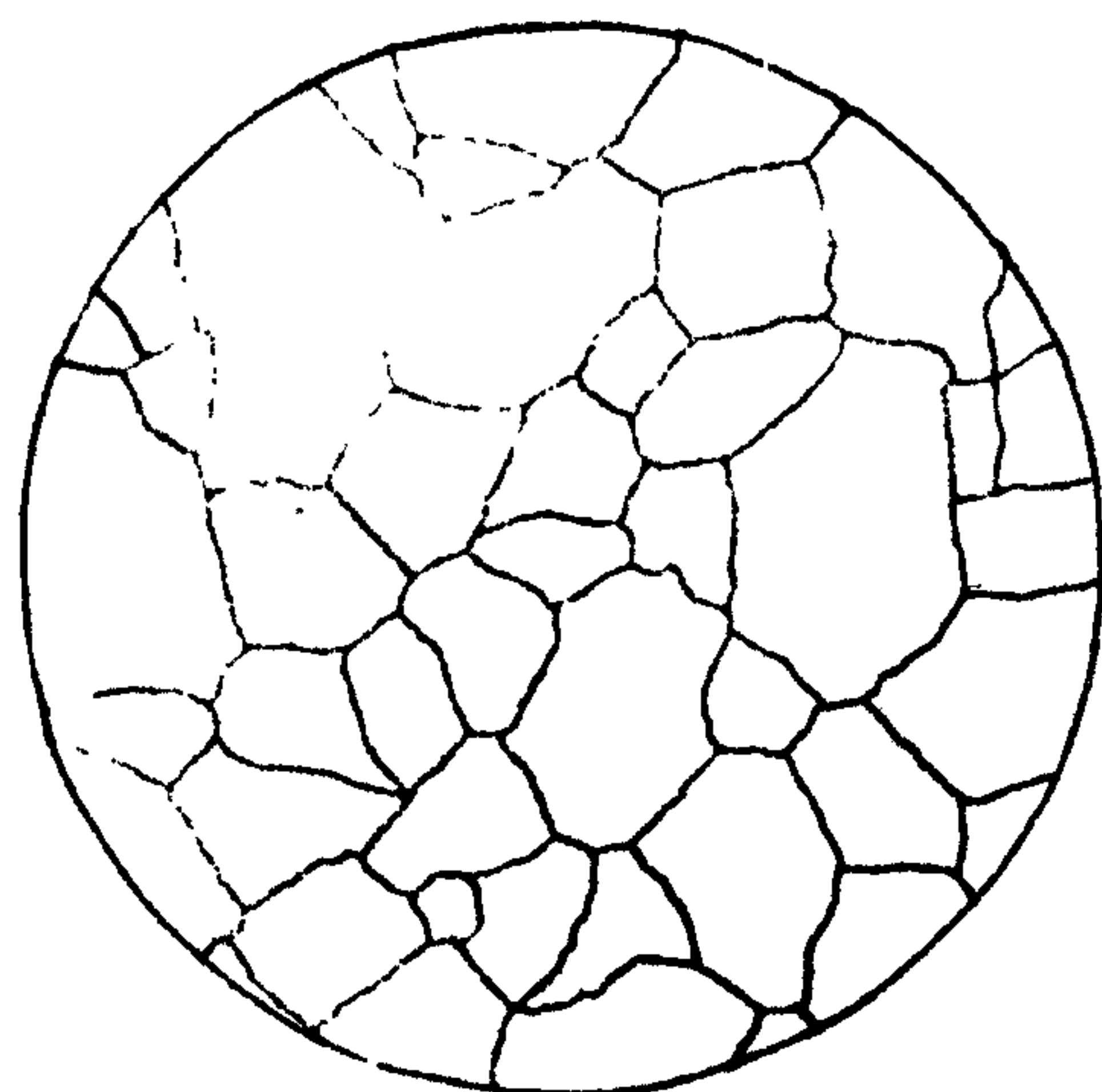
放大倍数	100	200
晶粒平均直径(μm)	55	27



放大倍数	100	200
晶粒平均直径(μm)	65	32

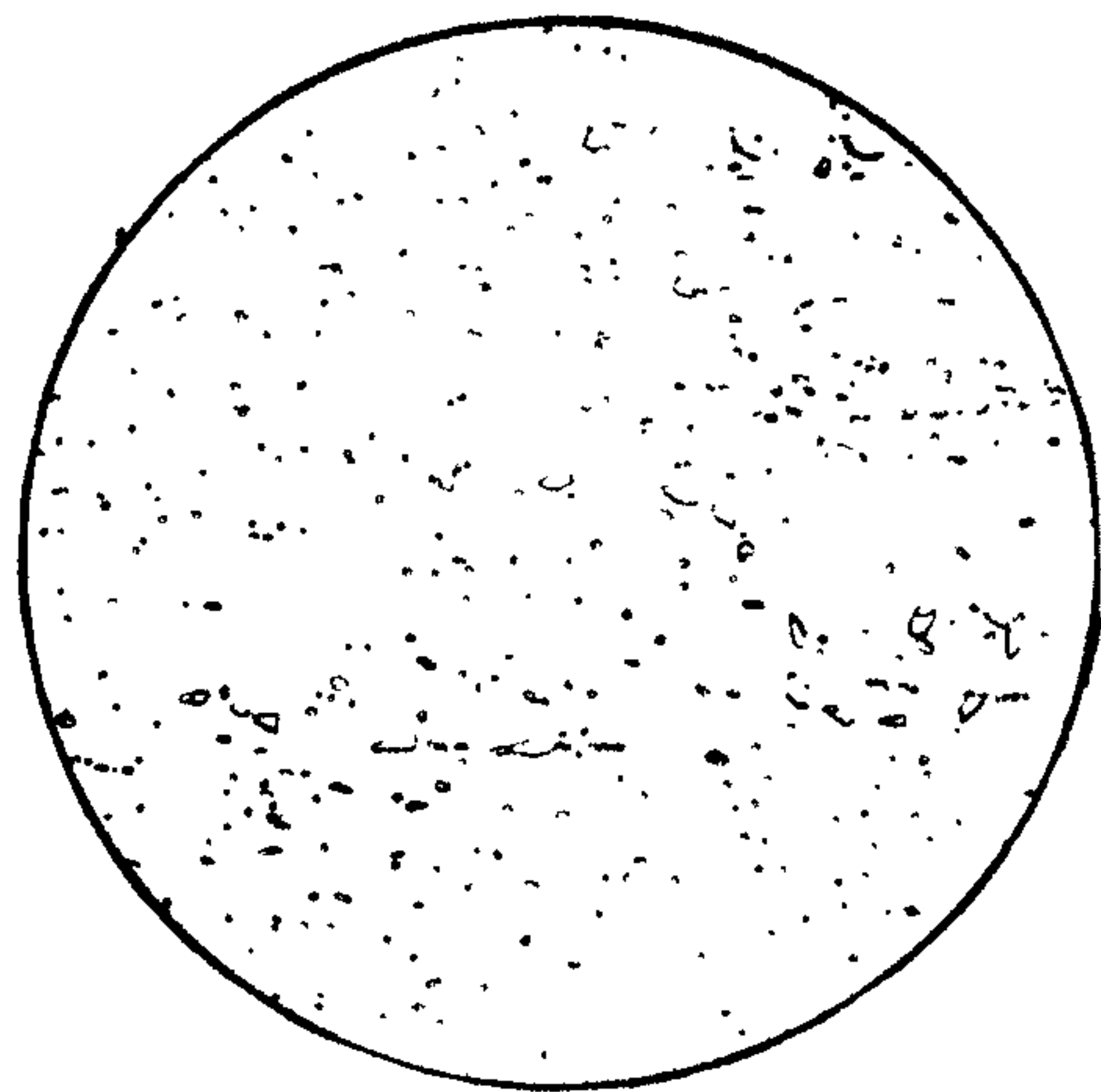


放大倍数	100	200
晶粒平均直径(μm)	90	45

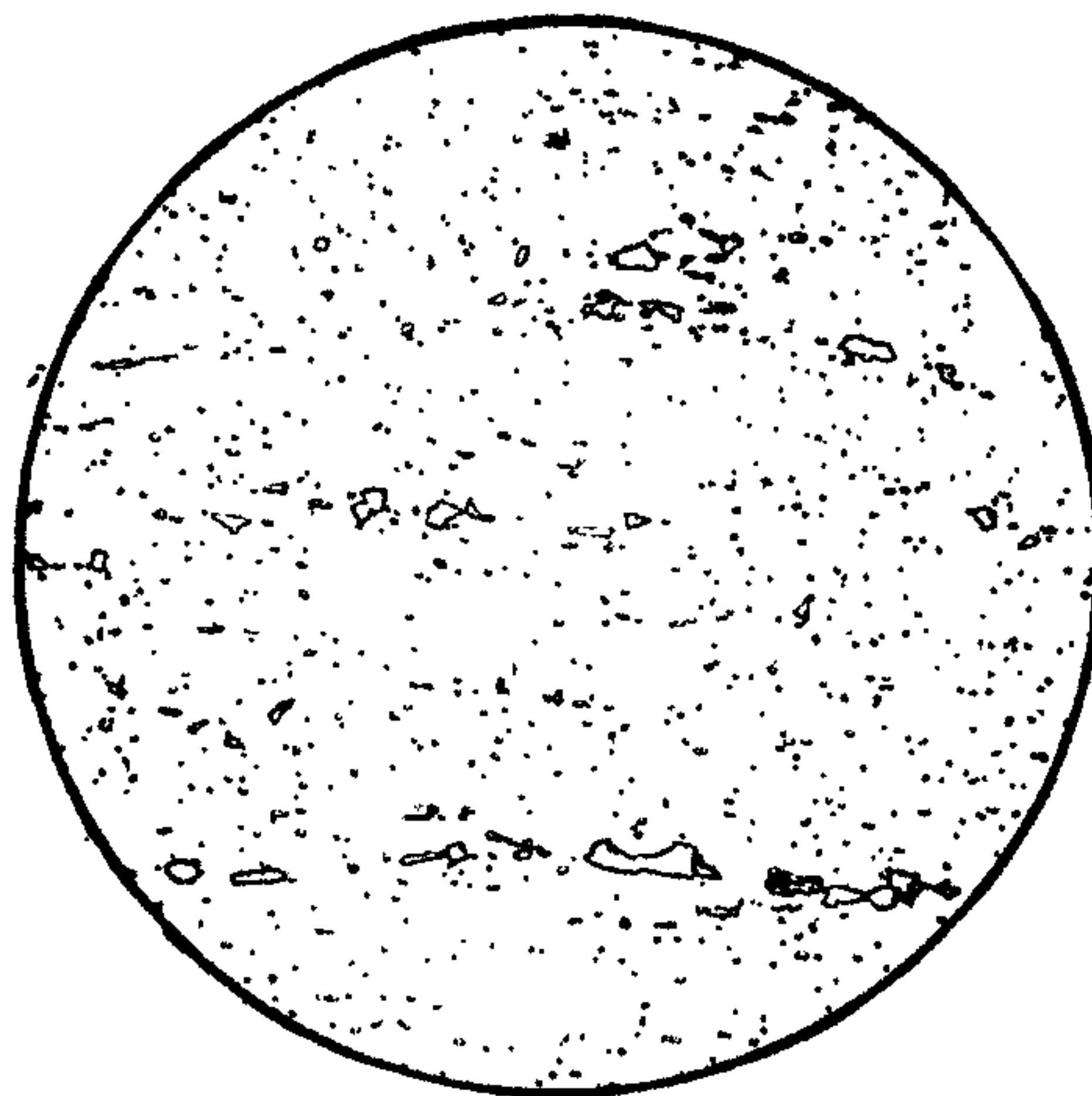


放大倍数	100	200
晶粒平均直径(μm)	120	60

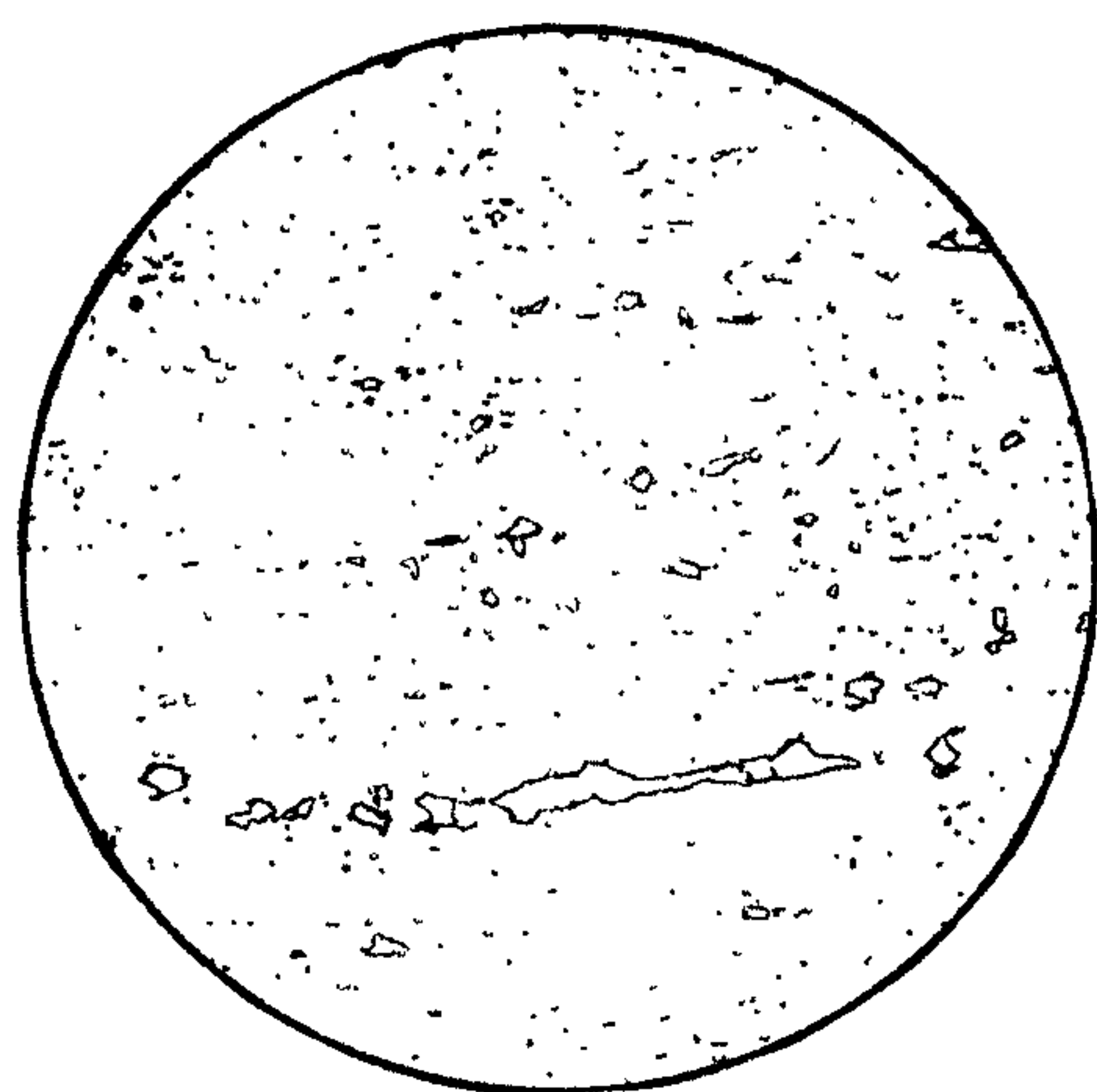
附录 B
铍青铜 β 相组织评级标准图
(参考件)



一级 400x

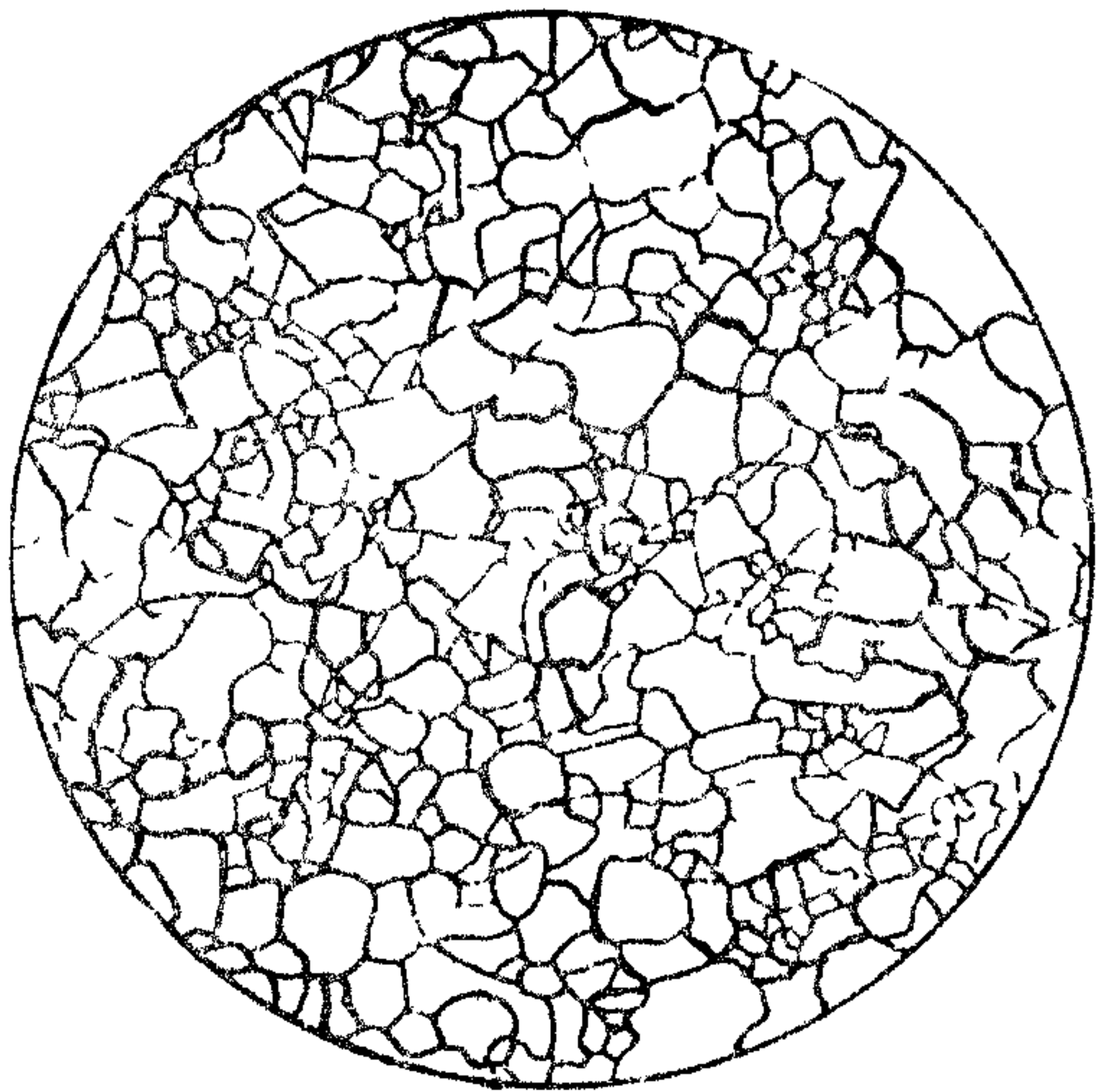


二级 400x

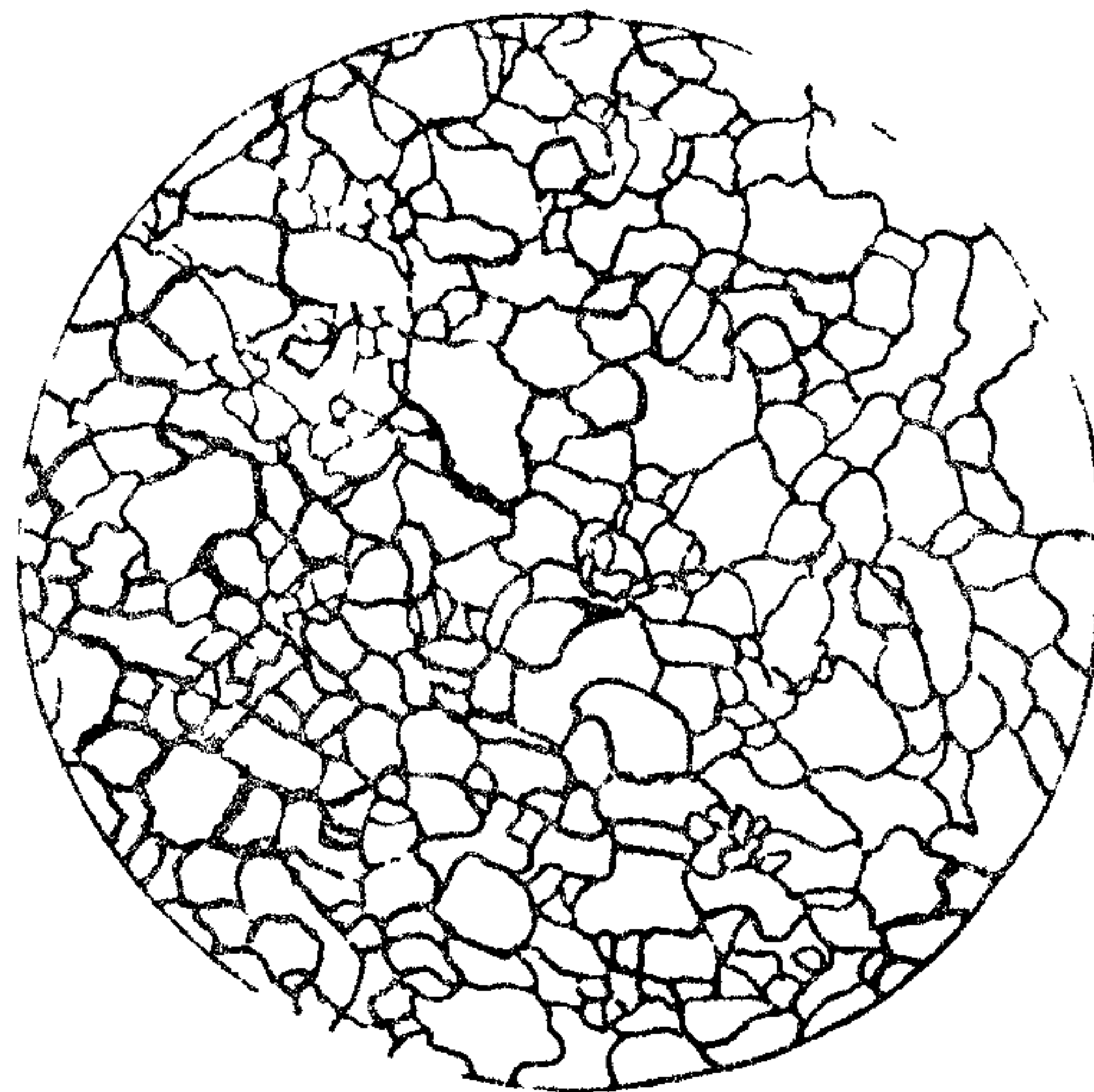


三级 400x

附录 C
铍青铜时效态晶界反应量评定标准图
(参考件)



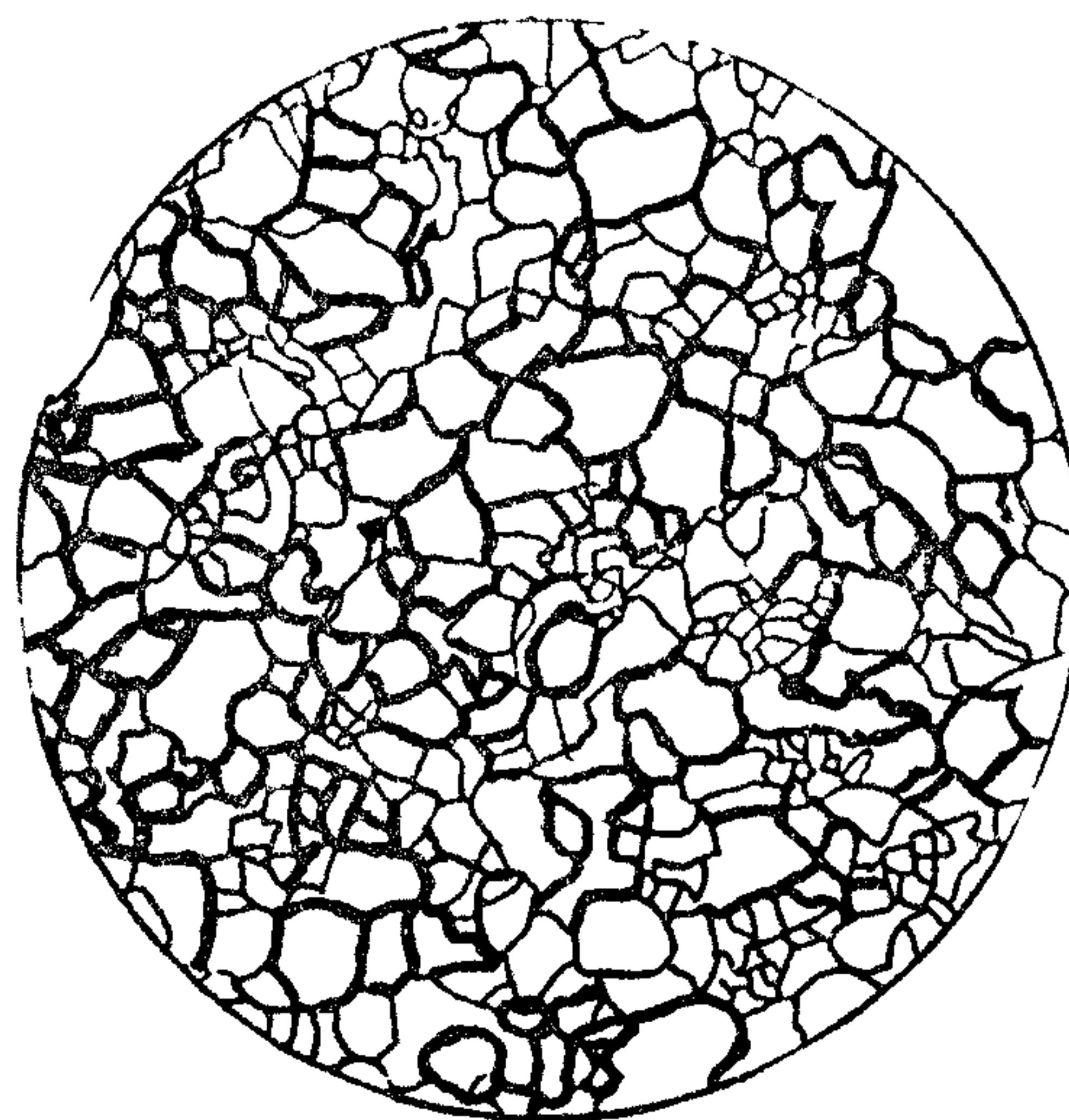
晶粒平均直径 $20\mu\text{m}$
晶界反应量 2% 200×



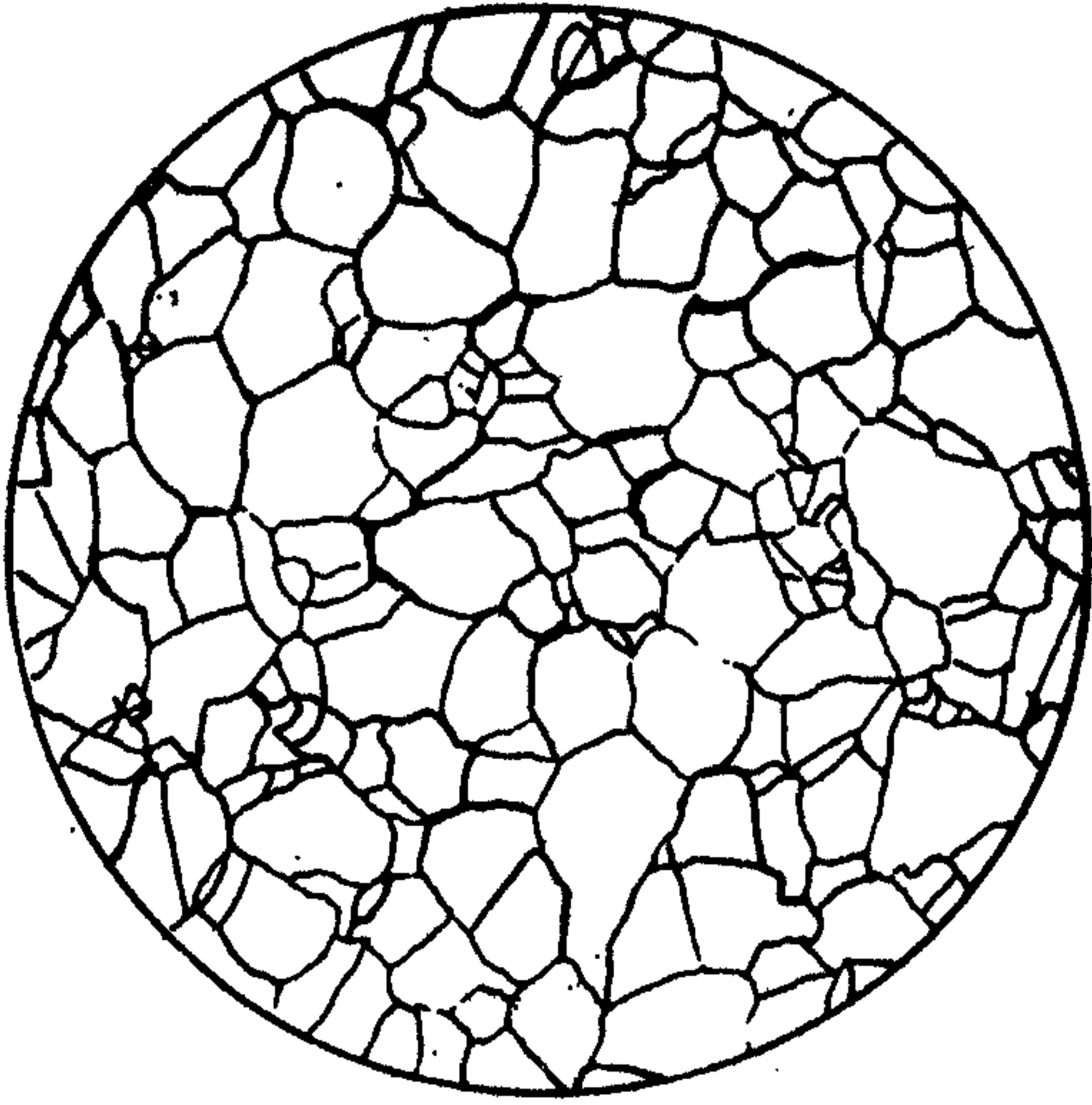
晶粒平均直径 $20\mu\text{m}$
晶界反应量 5% 200X



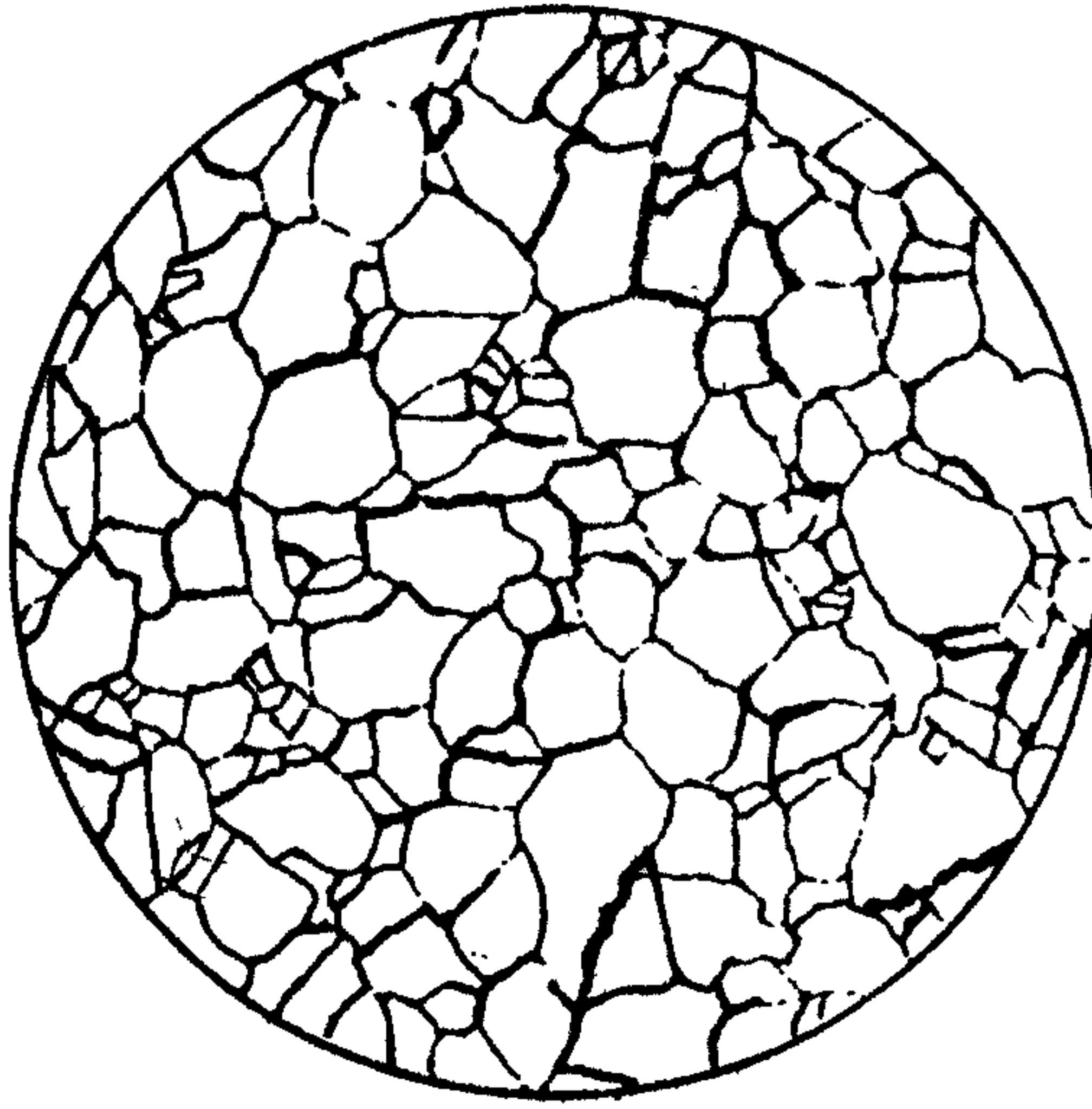
晶粒平均直径 $20\mu\text{m}$
晶界反应量 8% 200×



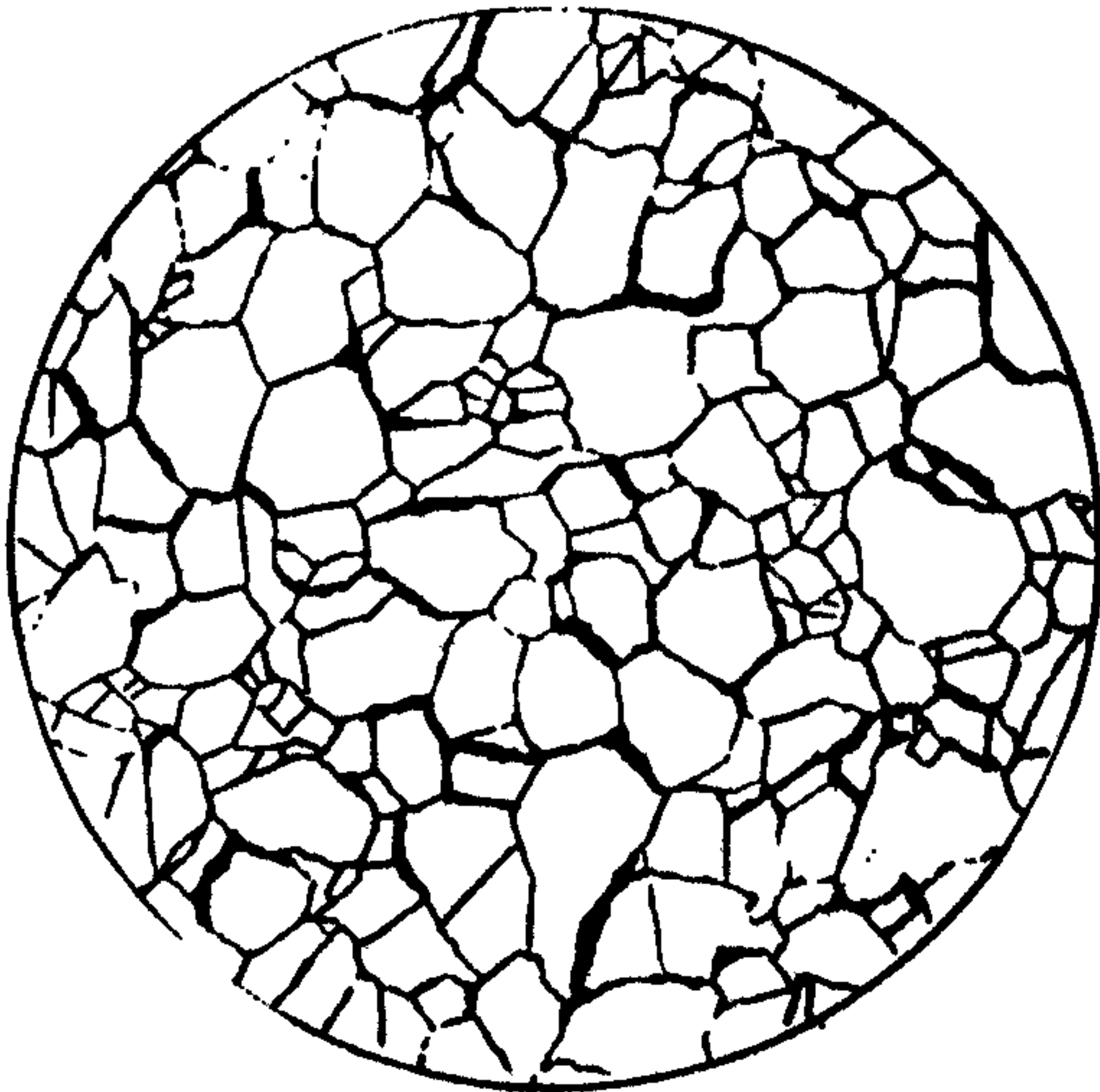
晶粒平均直径 $20\mu\text{m}$
晶界反应量 10% 200X



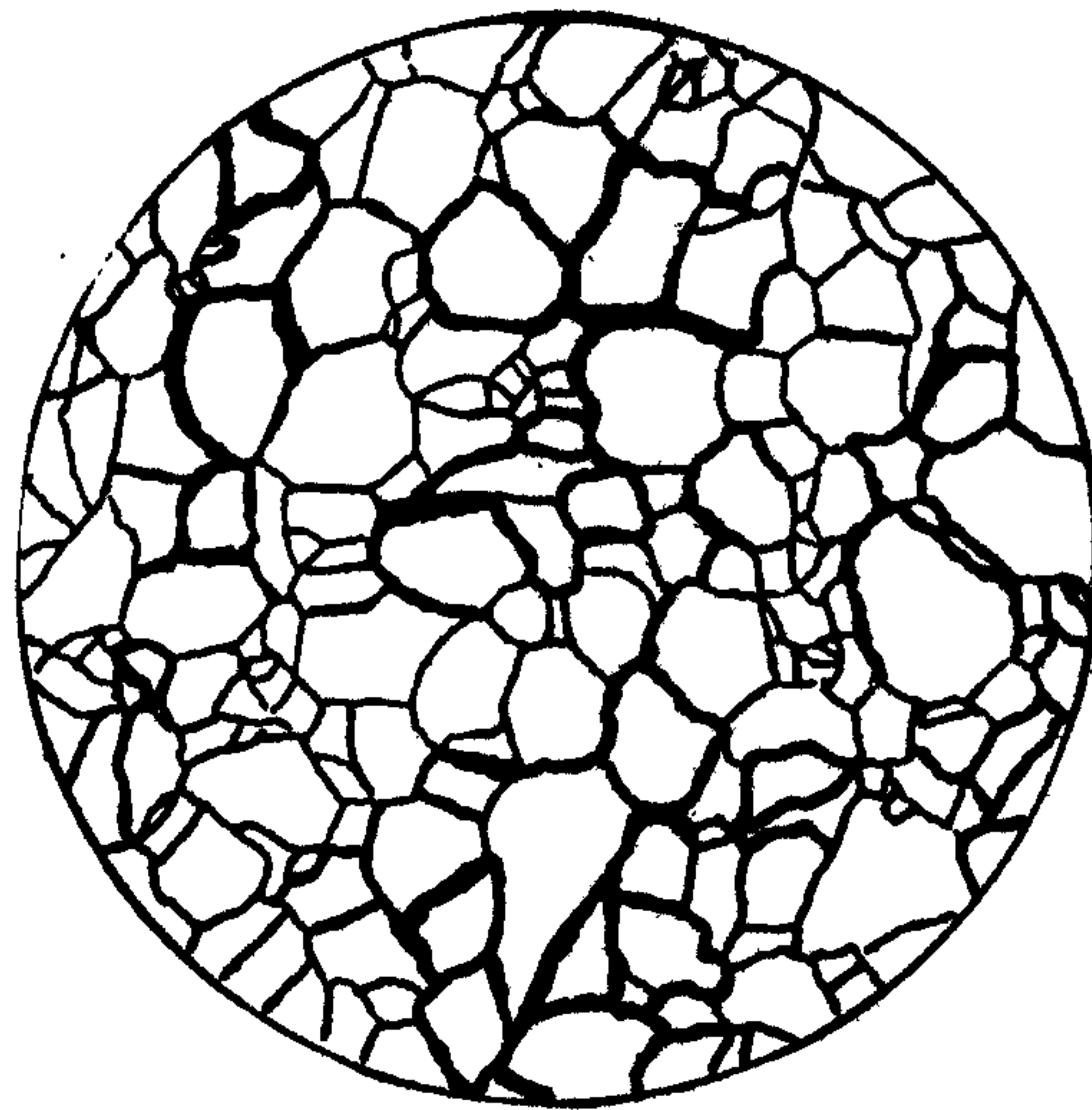
晶粒平均直径 $30\mu\text{m}$
晶界反应量 2% 200×



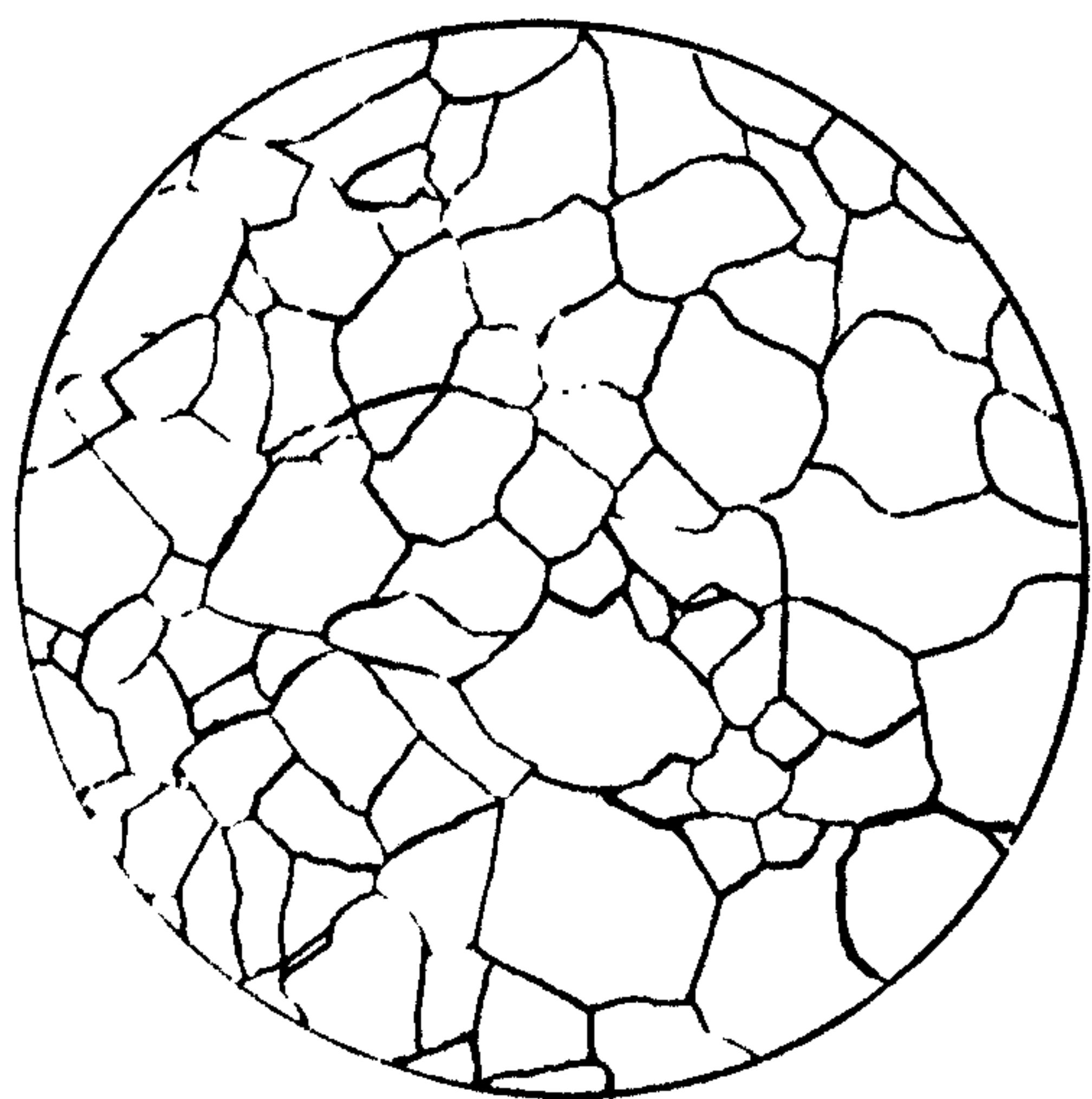
晶粒平均直径 $30\mu\text{m}$
晶界反应量 5% 200X



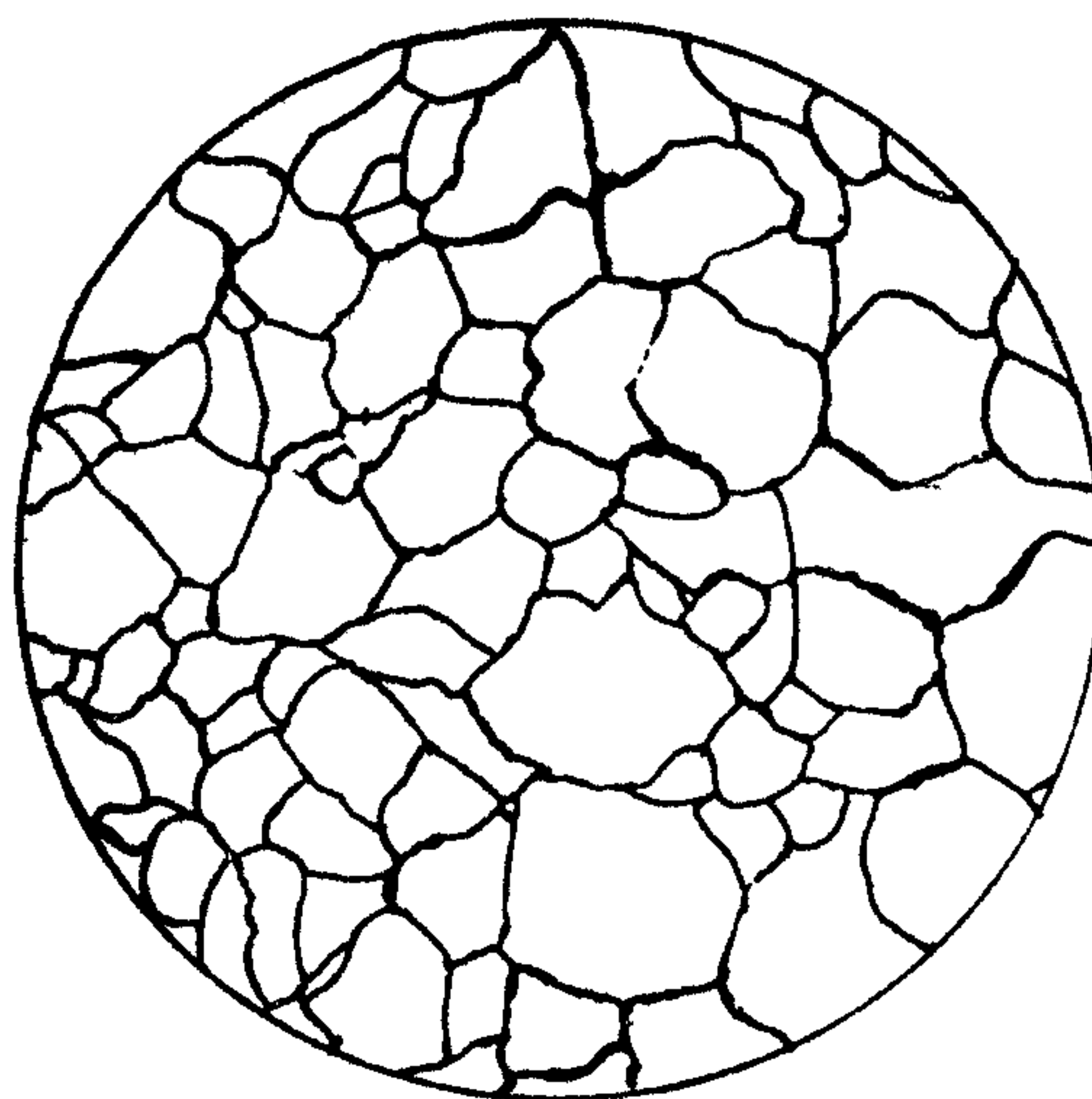
晶粒平均直径 $30\mu\text{m}$
晶界反应量 8% 200×



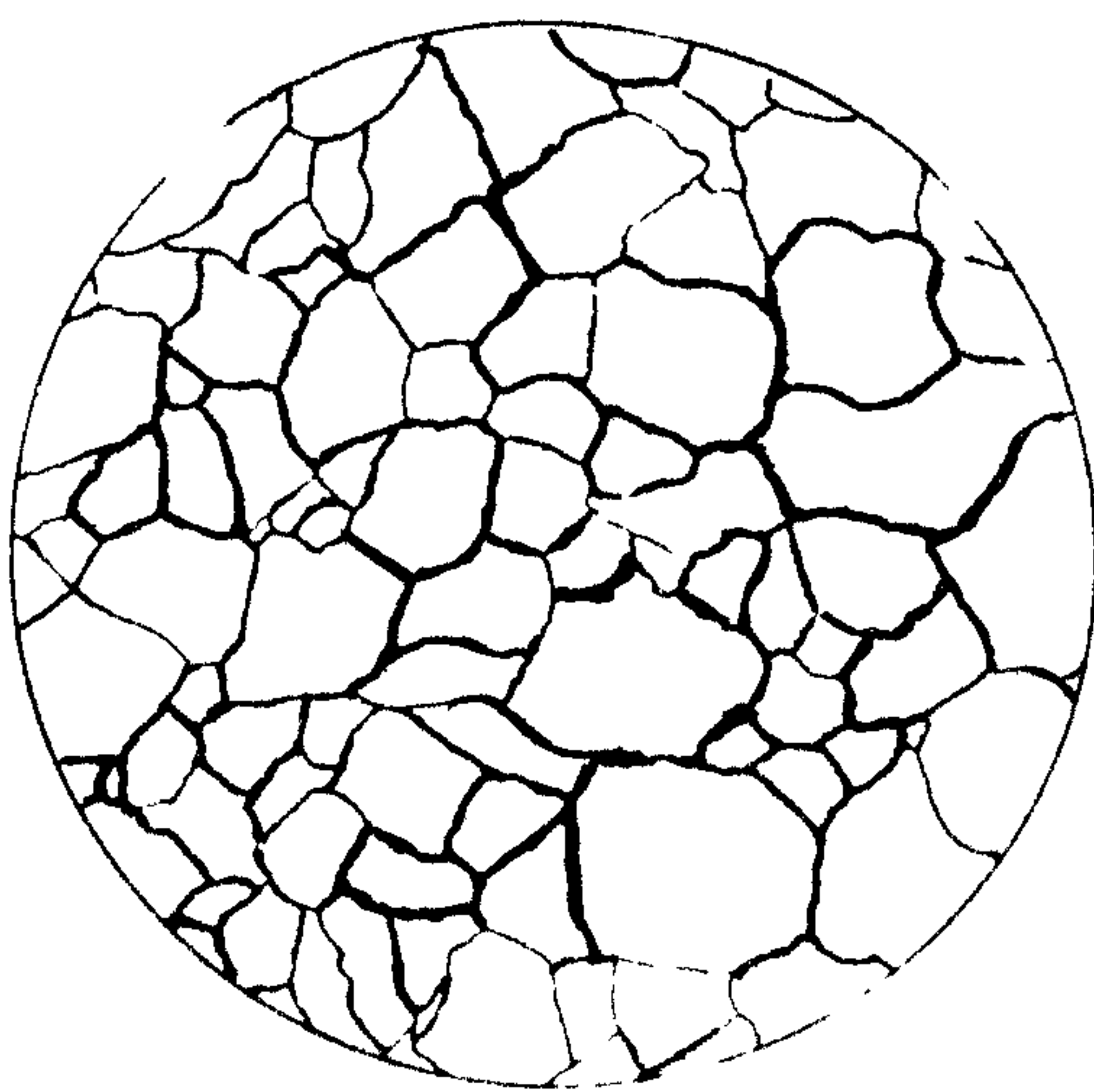
晶粒平均直径 $30\mu\text{m}$
晶界反应量 10% 200X



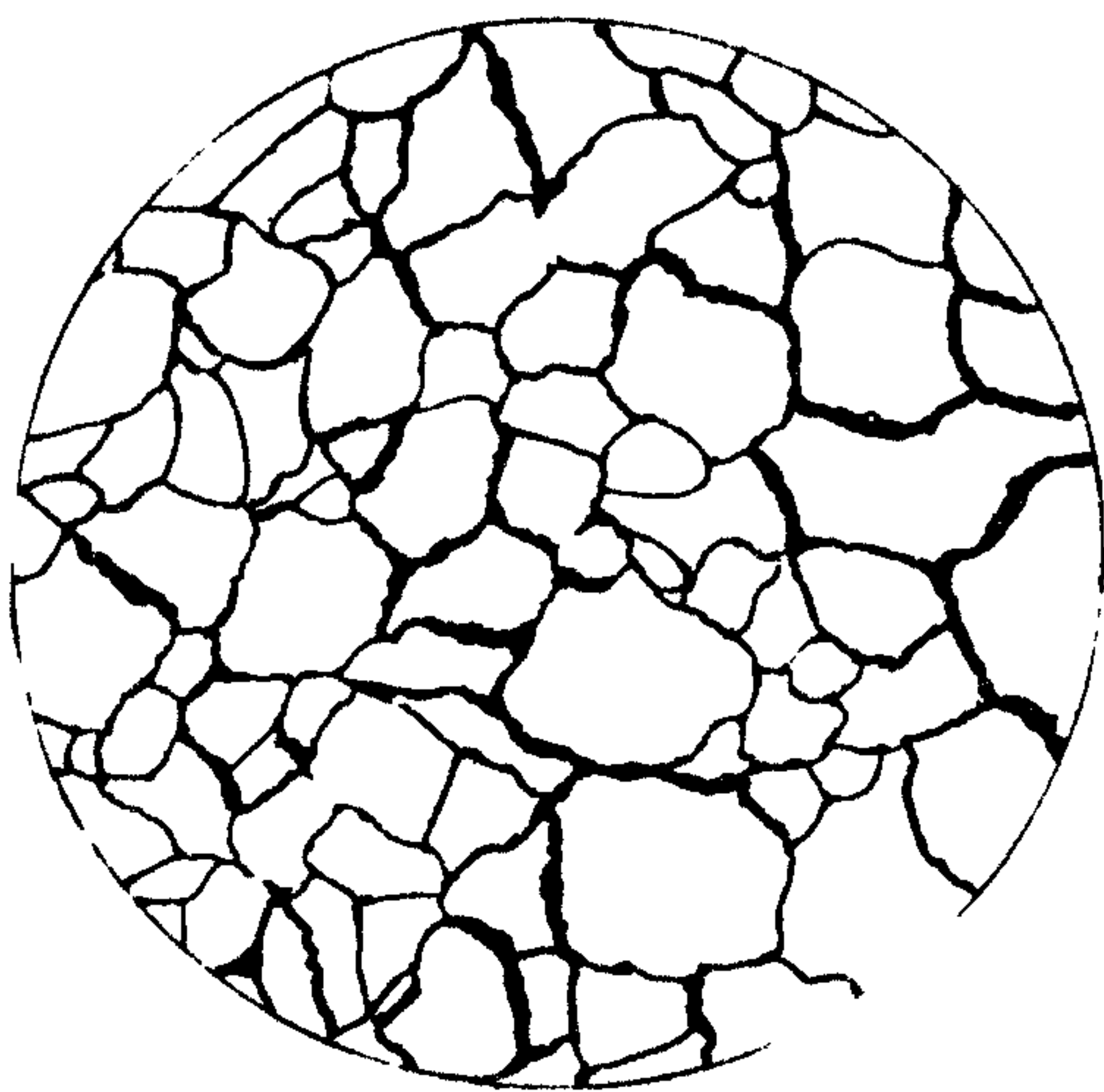
晶粒平均直径 $40\mu\text{m}$
晶界反应量 2% 200 \times



晶粒平均直径 $40\mu\text{m}$
晶界反应量 5% 200X



晶粒平均直径 $40\mu\text{m}$
晶界反应量 8% 200 \times



晶粒平均直径 $40\mu\text{m}$
晶界反应量 10% 200X

附加说明:

本标准由机械电子工业部电子标准化研究所提出。

本标准由杭州电子工业学院、机械电子工业部工艺所负责起草。

本标准主要起草人：王一云、凌 勇、吴润华。