



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ 8975:2019

СТАЛЬ

**Методи випробування
та оцінювання макроструктури**

ЗМІСТ

	с.
1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання	1
3 Загальні положення	1
4 Відбирання проб та готування зразків	2
5 Обладнання, реактиви та режими травлення темплетів	4
6 Оцінювання протравлених темплетів та зламів	4
7 Оформлення результатів випробувань	5
Додаток А (обов'язковий) Рекомендовані реактиви та режими травлення	6
Додаток Б (обов'язковий) Шкали макроструктури	8
Додаток В (обов'язковий) Опис макроструктури та дефектів, ілюстрованих шкалами	43
Додаток Г (обов'язковий) Опис макроструктури та дефектів	45
Додаток Д (обов'язковий) Контролювання хімічної неоднорідності сталі методом відбитків	61
Додаток Е (довідковий) Бібліографія.....	62

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

СТАЛЬ

Методи випробування та оцінювання макроструктури

STEEL

Methods of testing and estimation of macrostructures

Чинний від 2021-01-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт поширюється на сталеві ковани та катані вироби й установлює методи випробування та еталонні шкали для оцінювання їх макроструктури, а також класифікацію дефектів макроструктури та зламів виробів розміром від 40 мм до 250 мм включно в поперечному перерізі.

За узгодженням між виробником та покупцем методи виготовлення макротемплетів та зразків на злам, установлені цим стандартом, дозволено поширювати на заготовки та вироби інших перерізів та розмірів. Оцінювання макроструктури у таких випадках можна здійснювати згідно з еталонами цього стандарту чи інших нормативних документів. За узгодженням між виробником та покупцем вимоги цього стандарту можна застосовувати для сталі, виготовленої методом безперервного розливання.

Потребу в проведенні контролювання макроструктури, кількість та місце відбирання проб за довжиною розкатування зливка, розміри проб після перековування, а також норми та перелік дозволених дефектів визначають у стандартах на конкретний вид металопродукату.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті наведено посилання на такий національний стандарт:

ДСТУ 7175:2010 Метали та сплави. Методи металографічного контролю. Терміни та визначення понять.

Примітка. Чинність стандартів, на які є посилання в цьому стандарті, перевіряють згідно з офіційними виданнями національного органу стандартизації — каталогом національних нормативних документів і щомісячними інформаційними покажчиками національних стандартів.

Якщо стандарт, на який є посилання, замінено новим або до нього внесено зміни, треба застосовувати новий стандарт, охоплюючи всі внесені до нього зміни.

3 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

3.1 Макроструктуру металу контролюють:

— травленням спеціально підготовлених зразків у розчинах кислот.

Метод ґрунтовано на відмінності після протравлювання бездефектного металу та ділянок з порами, ліквідацією, неоднорідною структурою та іншими дефектами;

— зломом спеціально підготовлених (включно з додатково термічно обробленими) зразків.

Метод ґрунтовано на різному руйнуванні ділянок металу з порами, флокенами, перегрівом, сколами та без них.

Контролювання якості металу за зломом проводять:

— на заміну контролювання протравлених зразків, якщо це передбачено нормативними документами на продукцію;

— додатково до контролювання протравлених зразків для перевірення класифікації макродефектів, а також у дослідницьких цілях.

3.2 Макроструктуру вуглецевої (із вмістом вуглецю до 0,3 % включно) конструкційної сталі за зломом не контролюють.

3.3 Оцінювання макротемплетів та зламів здійснюють огляданням неозброєним оком. Для уточнення класифікації дефектів дозволено застосовувати збільшення до 10 разів згідно з ДСТУ 7175.

4 ВІДБИРАННЯ ПРОБ ТА ГОТУВАННЯ ЗРАЗКІВ

4.1 Макроструктуру металу контролюють відповідно до одного із наведених варіантів.

4.1.1 Прутки та заготовки розміром до 140 мм включно в повному поперечному перерізі.

4.1.2 Прутки та заготовки розміром понад 140 мм на перекованих чи перекатаних пробах, якщо нормативним документом на продукцію не встановлено потребу в контролюванні в повному перерізі, — до 250 мм.

4.2 Кількість проб та місце їх відбирання за довжиною та перерізом розкатування зливка (ливої заготовки) наводять у нормативній документації на конкретний вид металопродукції.

За відсутності таких вказівок проби для контролювання відбирають (у виробника) від заготовок, які відповідають найзабрудненішим частинам зливка.

Маркування на пробах та зразках, що з них вирізають, має відповідати маркуванню контрольованих заготовок.

Рекомендовано:

а) у разі розливання металу зверху контролювати заготовки від першого та останнього зливків під час розливання; у разі розливання сифоном — заготовки від одного зливка першого та останнього сифонів; за відсутності клейма — контролювати заготовки від будь-яких зливків;

б) метал вакуумно-індукційного виплавляння (ВІ) контролювати по одній пробі від підприбуткової частини кожного зливка; метал вакуумно-дугового (ВД), електропроменевого (ЕП), плазмодугового (ПД) та електрошлакового (Ш) переплавлянь — на пробах від заготовок, які відповідають верхній та нижній частинам одного чи двох зливків від партії — плавки;

в) метал після подвійного переплавляння: вакуумно-індукційний + вакуумно-дуговий (ІД), електрошлаковий + вакуумно-дуговий (ШД) та інших контролювати відповідно до рекомендацій, наведених для останнього способу переплавляння.

4.3 Під час контролювання плавки, поділених на кілька партій, проби відбирають від заготовок з максимальним перерізом. Позитивні результати контролювання можна поширювати на всі партії цієї плавки меншого розміру, а також на заготовки, поперечні розміри яких не перевищують контрольовані більше ніж на 20 мм.

4.4 Проби для контролювання на флокени відбирають від будь-яких заготовок після закінчення повного циклу режиму охолодження чи термічного оброблення кожної партії — плавки. За однакових умов охолодження заготовок різних перерізів проби відрізають від партії заготовок максимального перерізу в цій плавці. Вирізання проб та темплетів упоперек волокна виконують пилами чи автогеном на відстані не менше ніж один діаметр (сторона квадрата) від краю заготовки.

Якщо не дозволено різання автогеном (установлено в нормативній документації на продукцію), відрізають пробу одразу після прокатування чи кування в гарячому стані. Довжина проби має бути не менше ніж чотири діаметра (сторона квадрата). Охолодження та термічне оброблення проби виконують разом з металом контрольованої партії — плавки. Темплети вирізають із середини цієї проби.

Метал на флокени дозволено контролювати:

а) на поздовжніх темплетях чи поздовжніх зламах. В останньому випадку поперечні темплети потрібно надрізати, гартувати у воді та розламувати;

б) методом ультразвукової дефектоскопії.

4.5 Зразки для контролювання макроструктури вирізають за умови дотримання вимог та рекомендацій, наведених нижче.

4.5.1 Темплети треба вирізати так, щоб контрольований переріз знаходився на відстані, яка усуває вплив умов різання: нагрівання від різання, зминання від пресу, пили тощо.

4.5.2 Під час випробування металу на перекованих пробах від контрольованої заготовки відрізають частину завдовжки не менше ніж один діаметр (або сторона квадрата) та перековують на розмір (90—140) мм, якщо в нормативній документації не встановлено інші розміри. Темплети для контролювання потрібно вирізати із середньої частини довжини кованої проби.

4.5.3 Темплети вирізають перпендикулярно до напрямку прокатування чи кування через весь переріз заготовки, а для контролювання макроструктури та флокенів на поздовжніх зразках — паралельно напрямку прокатування чи кування. В останньому разі площина майбутнього шліфа має збігатися або бути наближеною до осової площини контрольованої заготовки.

Довжина поздовжніх темплетів має бути (100—150) мм.

4.5.4 Рекомендована висота поперечних темплетів має бути (15—40) мм.

4.5.5 За потреби зразки від заготовок більшого перерізу (більше ніж квадрат 200 мм та сляби) дозволено розрізати на частини за умови збереження осової зони (рисунок 1). Усі частини зразка потрібно протравити й оцінити.

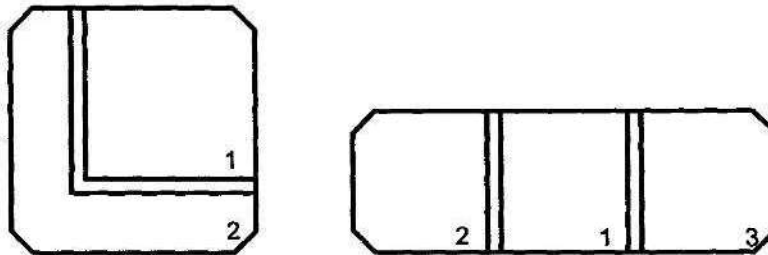


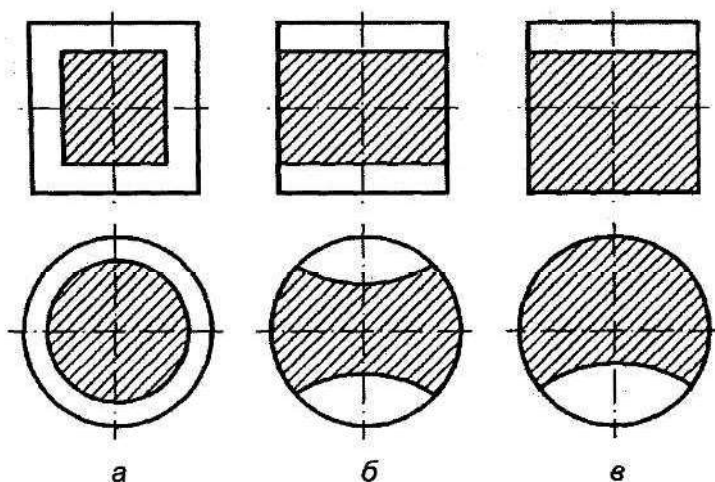
Рисунок 1

4.6 Поверхню темплетів перед травленням потрібно піддавати холодному механічному обробленню: торцюванню, струганню, шліфуванню. Після оброблення поверхня має бути рівною, гладкою, без поверхневого наклепу та припінання металу. У разі арбітражних випробувань шорсткість поверхні оброблюваних темплетів має бути не більше ніж 20 мкм згідно із чинним нормативним документом.

4.7 Шліфування темплетів виконують, якщо твердість металу не більше ніж 388 НВ (діаметр відбитка — не менше ніж 3,1 мм). Під час контролювання сталі з великою структурною неоднорідністю, а також з підвищеною твердістю в стані постачання потрібно виконувати пом'якшувальне термічне оброблення проб або темплетів.

4.8 Контролювання за зломом виконують на зразках з поперечним чи поздовжнім напрямком волокна. У разі заміни контролювання на протравлених зразках контролюванням за зломом застосовують зразки з поперечним напрямком волокна; під час контролювання за зломом додатково до контролювання макроструктури застосовують зразки з поздовжнім напрямком волокна.

4.8.1 Для контролювання за зломом уперек волокна заготовки в стані постачання (чи зразки від них) надрізають відповідно до однієї із схем, зображених на рисунку 2.



Умовні позначки:
 а — надріз за периметром;
 б — двохсторонній надріз;
 в — односторонній надріз.

Рисунок 2

Площа злама має бути не менше ніж $\frac{1}{2}$ площі перерізу заготовки.

Ламання зразка чи заготовки треба виконувати з максимальною швидкістю та з великим зосередженням навантаження, яке унеможливило зминання поверхні зламу та утворення несправжніх розщеплень.

4.8.2 Для контролювання за зломом уздовж волокна відрізають спеціальні зразки чи використовують темплети після травлення та контролювання макроструктури. Темплет для ламання надрізають до осової лінії чи через дефектне місце, але із зворотнього боку відносно площини макрошліфа. Глибина та форма надрізу мають гарантувати прямолінійний злам (без зминання) та достатню його висоту: не менше ніж 10 мм для заготовок розміром 80 мм та більше та 5 мм — для розмірів менше ніж 80 мм. Для виявлення дуже дрібних дефектів темплети нагрівають до температури не нижче, ніж передбачено нормативними документами для термічного оброблення зразків під час випробування механічних властивостей чи твердості, та загартовують у воді.

5 ОБЛАДНАННЯ, РЕАКТИВИ ТА РЕЖИМИ ТРАВЛЕННЯ ТЕМПЛЕТІВ

5.1 Для травлення темплетів потрібно застосовувати ванни, посудини, виготовлені з матеріалів, які не вступають у реакцію із застосованими травильними розчинами.

5.2 Перед травленням темплети потрібно очистити від бруду і, якщо потрібно, знежирити.

Зразки у травильних ваннах не повинні стикатися контрольованими площинами один з одним та зі стінками ванни. Кількість травильного розчину має забезпечити несуттєве зниження концентрації кислоти під час травлення.

Кількість розчину має бути, у см^3 (орієнтовно):

- 100 — на 10 см^2 площі темплету;
- 500 — на 100 см^2 площі темплету;
- 2 000 — на $1 000 \text{ см}^2$ площі темплету.

Зразки перед травленням рекомендовано підігрівати до $(60\text{—}80)^\circ\text{C}$, тобто до температури розчину.

5.3 Рекомендовані реактиви та режими травлення наведено в додатку А. Дозволено застосовувати інші реактиви за умови отримання ідентичних результатів травлення.

Застосовані реактиви мають бути чистими, світлими, без суспендованих часточок та піни.

Умови травлення мають унеможливити виникнення несправжніх дефектів.

5.4 У разі використання великих ванн дозволено одночасно травити зразки зі сталі марок, близьких за хімічним складом.

Час травлення має бути довготривалішим (у межах, рекомендованих в додатку А):

- для легованих та кислототривких сталей;
- для металу з підвищеною твердістю;
- у разі травлення зразків без підігрівання;
- у разі травлення у менш нагрітому розчині.

5.5 Травлення зразків має забезпечити наявність чітко виявленої макроструктури, яка дає змогу надійно оцінити її під час порівняння зі шкалами та знімками.

5.6 У разі суттєвого розтравлення металу (потемніння поверхні, появи несправжньої пористості за всім перерізом, шорсткості) випробування повторюють на тих самих зразках після зняття поверхневого шару на глибину не менше ніж 2 мм.

5.7 Після травлення в будь-якому реактиві зразки потрібно ретельно промити в проточній воді та просушити. Для цього рекомендовано користуватися неметалевими щітками.

Зразки, призначені для зберігання, рекомендовано додатково обробити 10-відсотковим спиртовим розчином аміаку чи промити спиртом, а потім нанести безбарвний лак.

6 ОЦІНЮВАННЯ ПРОТРАВЛЕНИХ ТЕМПЛЕТІВ ТА ЗЛАМІВ

6.1 Визначення виду та оцінювання ступеня розвитку дефектів макроструктури виконують, порівнюючи натуральний вид свіжопротравлених зразків з еталонами шкал цього стандарту (див. додаток Б)

чи знімками (див. додаток Г), використовуючи опис, наведений у додатках В та Г. Для правильної класифікації дефектів, що виявляють у зламів, застосовують знімки та короткі описи, наведені в додатку Г.

6.2 Кожна шкала складається з п'яти балів. Шкали ілюструють такі види дефектів макроструктури:

- шкали № 1 та № 1а — центральну пористість;
- шкали № 2 та № 2а — точкову неоднорідність;
- шкали № 3, № 3а та № 3б — загальну плямисту ліквідацію;
- шкали № 4 та № 4а — крайкову плямисту ліквідацію;
- шкали № 5 та № 5а — ліквідаційний квадрат;
- шкали № 6 та № 6а — підсадкову ліквідацію;
- шкала № 7 — підіркові пузири;
- шкала № 8 — міжкристалітні тріщини;
- шкала № 9 — пошарову кристалізацію;
- шкала № 10а — світлу смужку (контур).

6.3 Зразки від заготовок розміром від 90 мм до 140 мм включно, а також від перекованих проб оцінюють за шкалами № 1, № 2, № 3, № 3б, № 4, № 5, № 6, № 7, № 8, № 9; зразки від заготовок розміром понад 140 мм до 250 мм включно — за шкалами № 1а, № 2а, № 3а, № 4а, № 5а, № 6а, № 10а.

Підіркові пузири, міжкристалітні тріщини, пошарову кристалізацію у заготовках розміром понад 140 мм до 250 мм включно оцінюють за шкалами № 7, № 8 та № 9 (відповідно). Світлу смужку (контур) у заготовках розміром від 90 мм до 140 мм включно оцінюють за шкалою № 10а.

Під час оцінювання заготовок розміром понад 250 мм та менше ніж 90 мм площу, яку займають дефекти, порівняно зі шкалами має бути відповідно збільшено (для заготовок розміром понад 250 мм) чи зменшено (для заготовок розміром менше ніж 90 мм) пропорційно збільшенню чи зменшенню площі поперечного перерізу контрольованої заготовки. При цьому враховують ступінь розвитку дефекту.

6.4 Величину дефекту дозволено оцінювати як цілим балом, так і половиною (0,5; 1,5 тощо). Балом 0,5 оцінюють структуру темплетів, які мають дефекти зі ступенем розвитку в півтора — два рази менше, ніж на еталонах балів 1 відповідних шкал.

За відсутності дефектів проставляють бал 0, за грубим розвитком — бал понад 5.

За одночасної присутності кількох дефектів оцінювання та класифікування кожного дефекту здійснюють окремо.

6.5 Оцінювання ступеня розвитку дефектів у зламах та на поздовжніх макротемплетях здійснюють порівнянням їх натурального вигляду з еталонами спеціальних шкал, узгоджених між виробником та покупцем.

6.6 Під час оцінювання макроструктури металу за знімками (у разі арбітражних випробувань) останні має бути виконано чітко, у натуральну величину або із зазначеним масштабом.

6.7 Якщо отримано незадовільні результати первинного контролювання макроструктури, повторні випробування виконують в обсягах, установлених в нормативних документах на конкретний вид продукції.

У разі відсутності таких вказівок повторні випробування рекомендовано виконувати за одним із таких варіантів:

- на подвійній кількості проб;
- на пробах від дефектних заготовок, а в разі маркування на зливках — від дефектних зливок після додаткового обрізання дефектної частини заготовки;
- на пробах від суміжних заготовок після відсорткування дефектних;
- на пробах від кожного зливка чи від кожної заготовки — в особливо відповідальних випадках або в разі виявлення дефектів нового виду.

7 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ

7.1 Результати оцінювання макроструктури заносять у протокол випробування із зазначенням:

- марки сталі;
- номери плавки;
- позначки нормативного документа на конкретний вид продукції;

- перерізу та розміру контрольованої заготовки;
- номера та індекса заготовки;
- балів за такими дефектами:

- а) ЦП — центральна пористість;
- б) ТН — точкова неоднорідність;
- в) ЗПЛ — загальна плямиста ліквіація;
- г) КПЛ — крайкова плямиста ліквіація;
- д) ЛК — ліквіаційний квадрат;
- е) ПЛ — підсадкова ліквіація;
- є) ПП — підіркові пузири;
- ж) МТ — міжкристалітні тріщини;
- и) ПК — пошарова кристалізація;
- і) СС — світла смужка (контур);

— дефектів, не нормованих шкалами, та дефектів поверхні, які виявляють на поперечних темплетях (уписують у примітку).

7.2 У документі на продукцію зазначають: «придатний» чи «відповідає вимогам».

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

РЕКОМЕНДОВАНІ РЕАКТИВИ ТА РЕЖИМИ ТРАВЛЕННЯ

Таблиця А.1

Марки сталі	Склад реактиву	Температура розчину, °C	Час травлення, хв	Примітка
Реактив 1				
Усі марки сталі, крім наведених нижче	Кислота соляна згідно із чинним нормативним документом, 50-відсотковий водний розчин	60—80	5—45	—
Реактив 2				
Корозійнотривкі, жароміцні та інші сталі аустенітного класу	Кислота соляна згідно із чинним нормативним документом — 100 мл. Кислота азотна згідно із чинним нормативним документом — 10 мл. Вода — 100 мл	60—70	5—10	—
Реактив 3				
Корозійнотривкі, жароміцні та інші сталі аустенітного класу	Кислота соляна згідно із чинним нормативним документом — 100 мл. Кислота азотна згідно із чинним нормативним документом — 100 мл. Вода — 100 мл	60—70	5—10	—

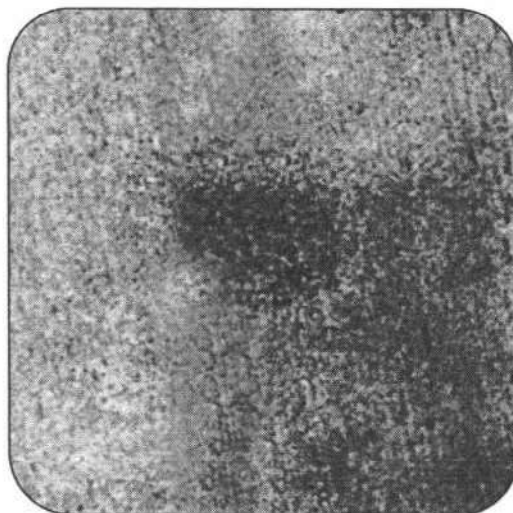
Кінець таблиці А.1

Марки сталі	Склад реактиву	Температура розчину, °С	Час травлення, хв	Примітка
Реактив 4				
Корозійнотривкі, жароміцні та інші сталі аустенітного класу	Кислота соляна згідно із чинним нормативним документом — 100 мл. Кислота азотна згідно із чинним нормативним документом — 100 мл. Вода — 100 мл. Калій двохромовокислий згідно із чинним нормативним документом — (11,0—11,5) г	20	5—10	—
Реактив 5				
Корозійнотривкі, жароміцні та інші сталі аустенітного класу та сталі феритного класу	Кислота соляна згідно із чинним нормативним документом — 100 мл. Кислота сірчана згідно із чинним нормативним документом — 7 мл. Мідь сірчаноокисла згідно із чинним нормативним документом — 30 г або мідь сірчаноокисла безводна — 20 г	20	15—25	Травлення рекомендовано виконувати протиранням ватою, змоченою реактивом. Шліф промити водою та (5—10) % розчином хромпіку (згідно із чинним нормативним документом)

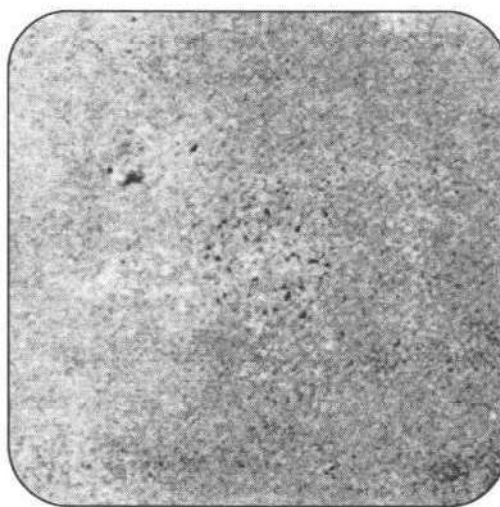
ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

ШКАЛИ МАКРОСТРУКТУРИ

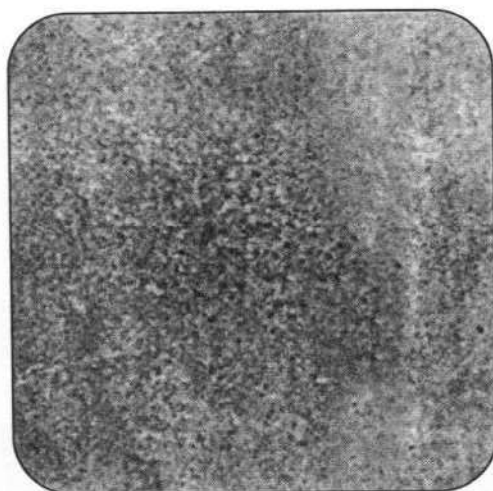
Шкала № 1. Центральна пористість



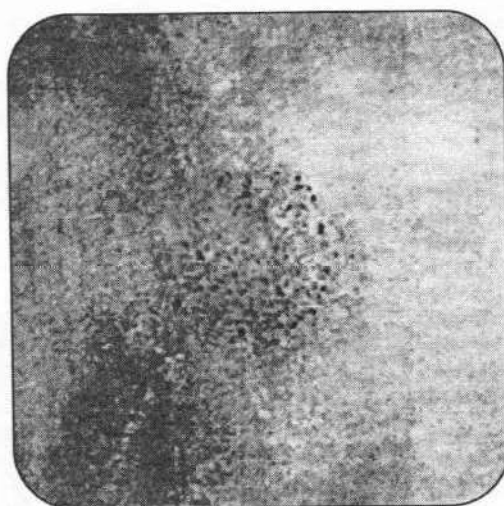
Бал 1



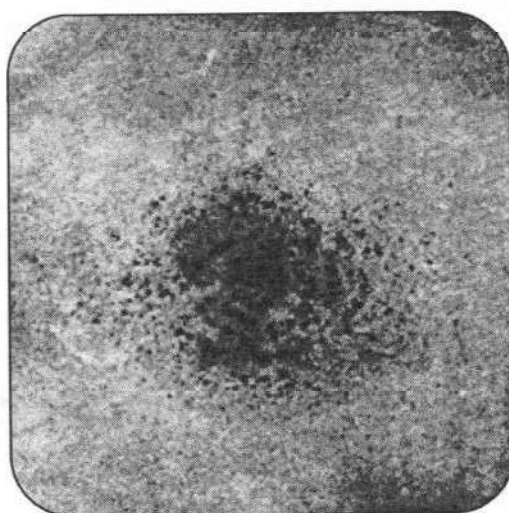
Бал 2



Бал 3

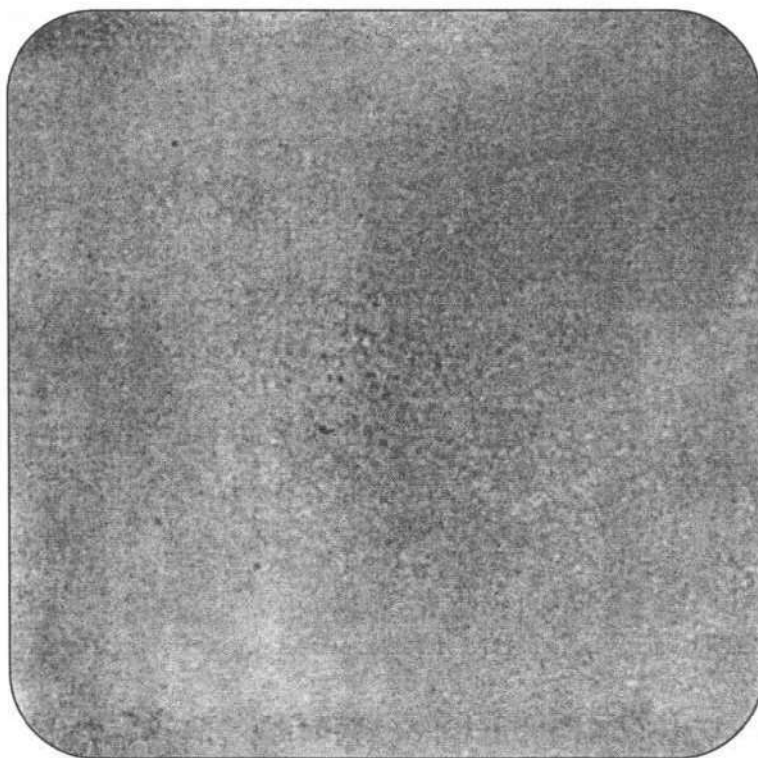


Бал 4

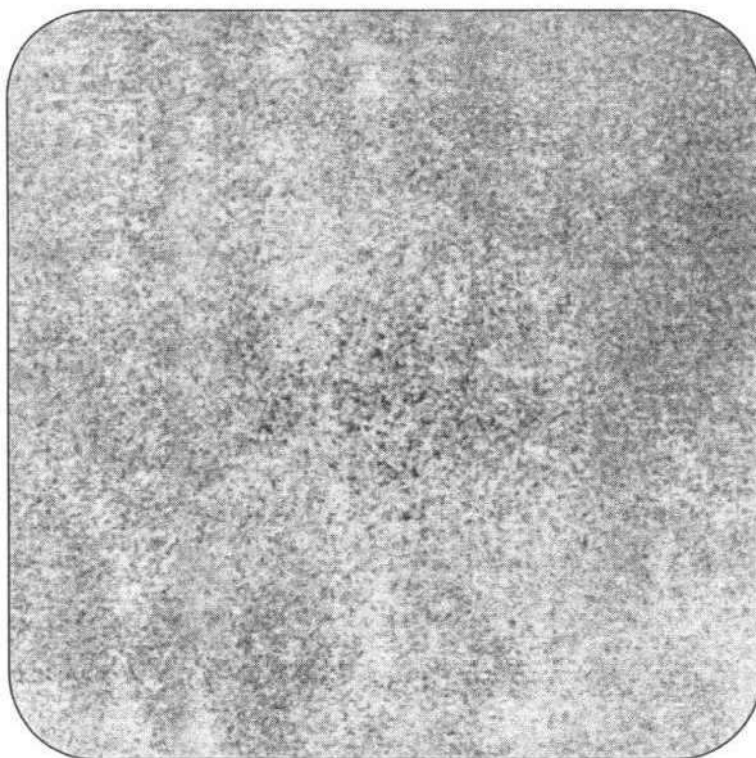


Бал 5

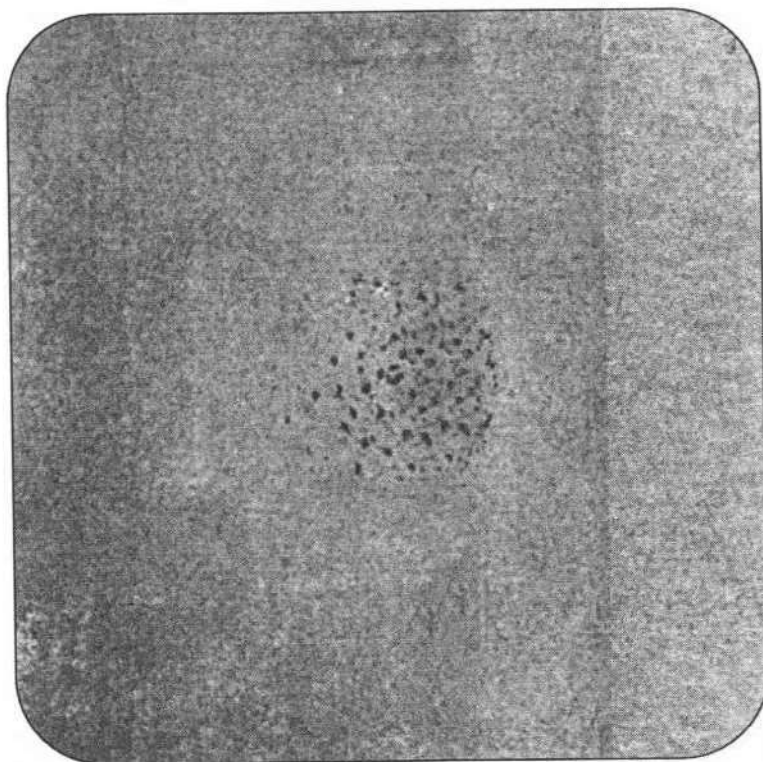
Шкала № 1а. Центральна пористість



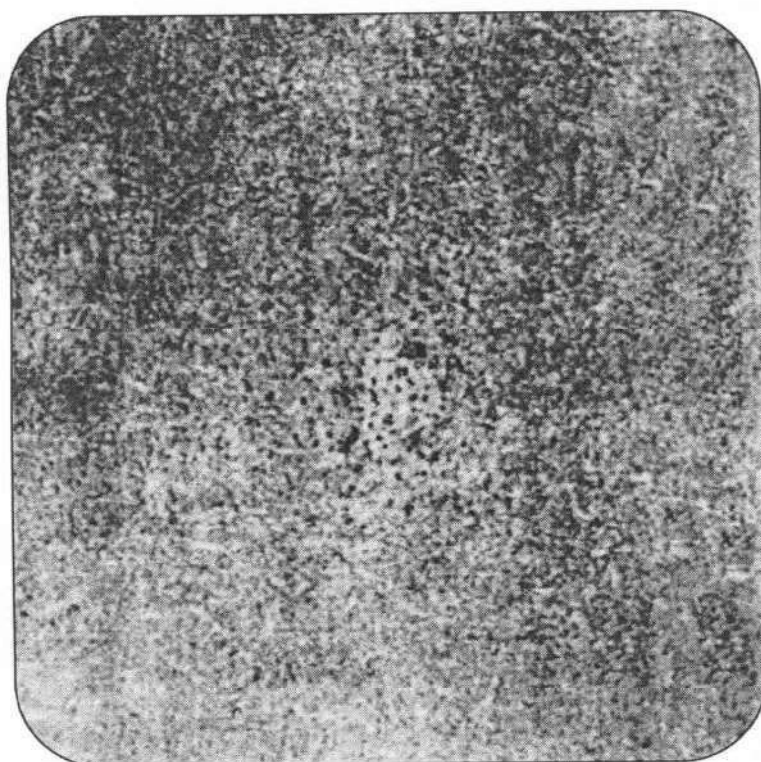
Бал 1



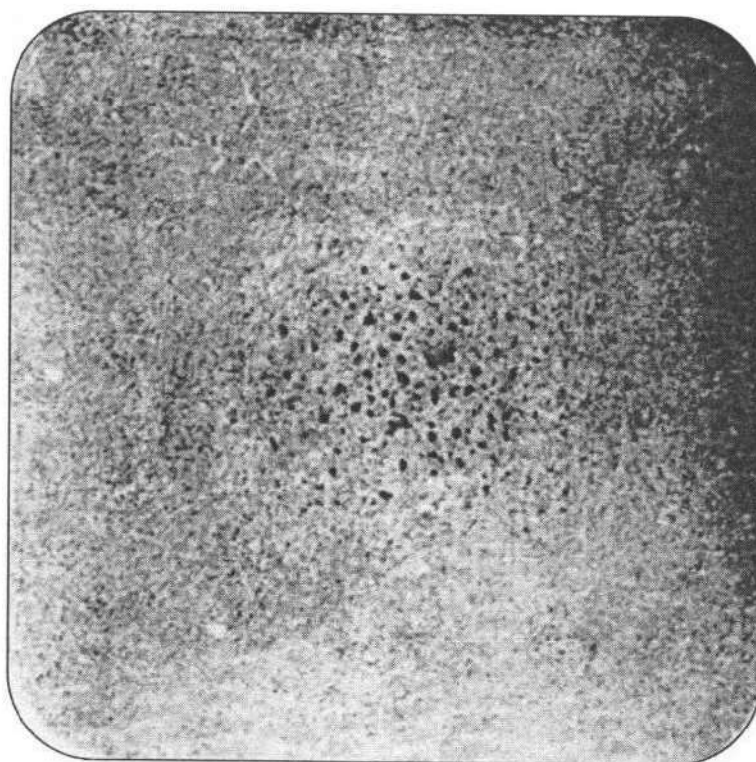
Бал 2



Бал 3

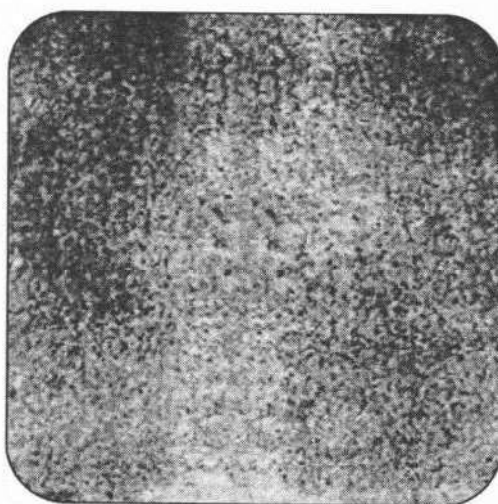


Бал 4

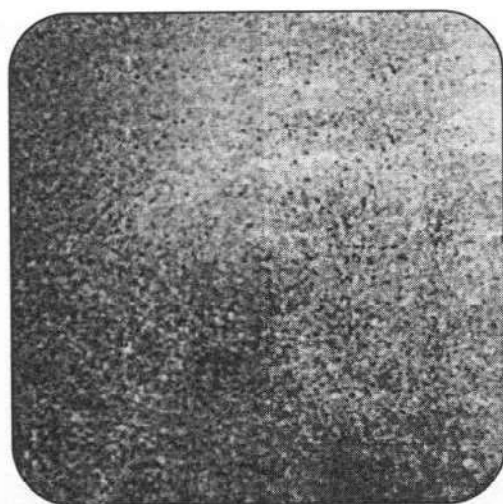


Бал 5

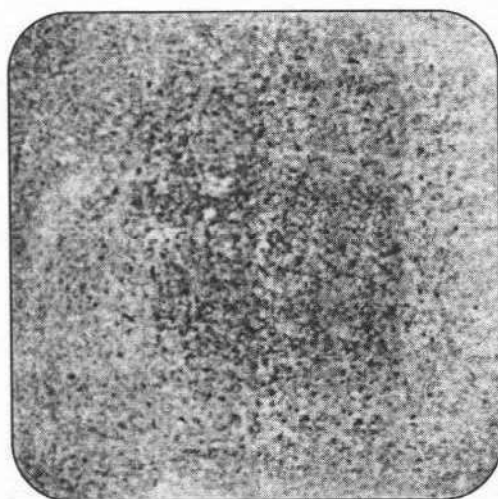
Шкала № 2. Точкова неоднорідність



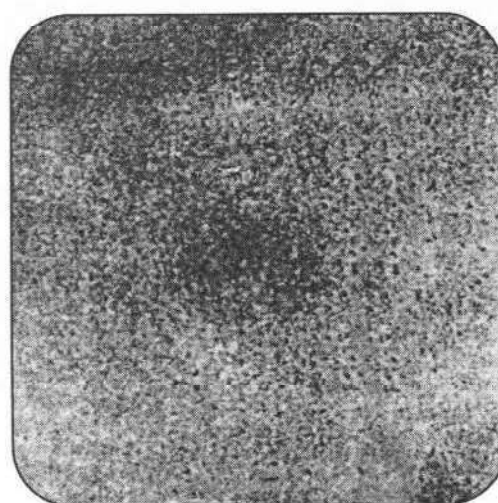
Бал 1



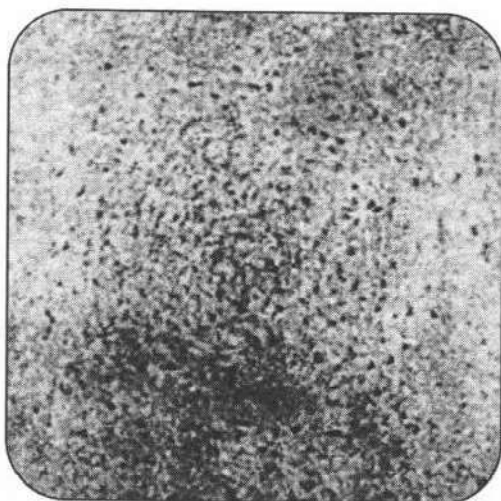
Бал 2



Бал 3

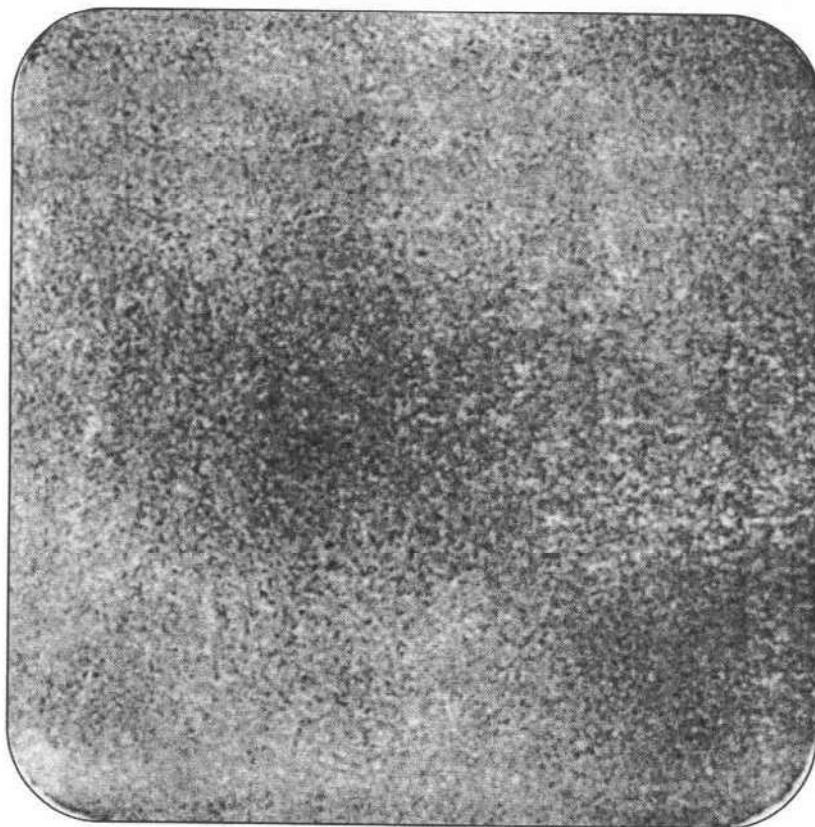


Бал 4

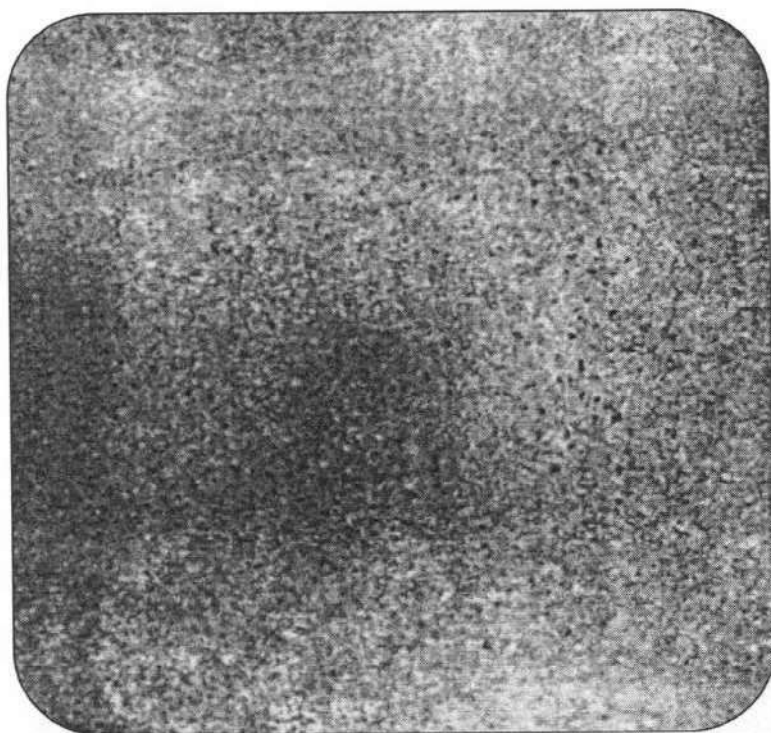


Бал 5

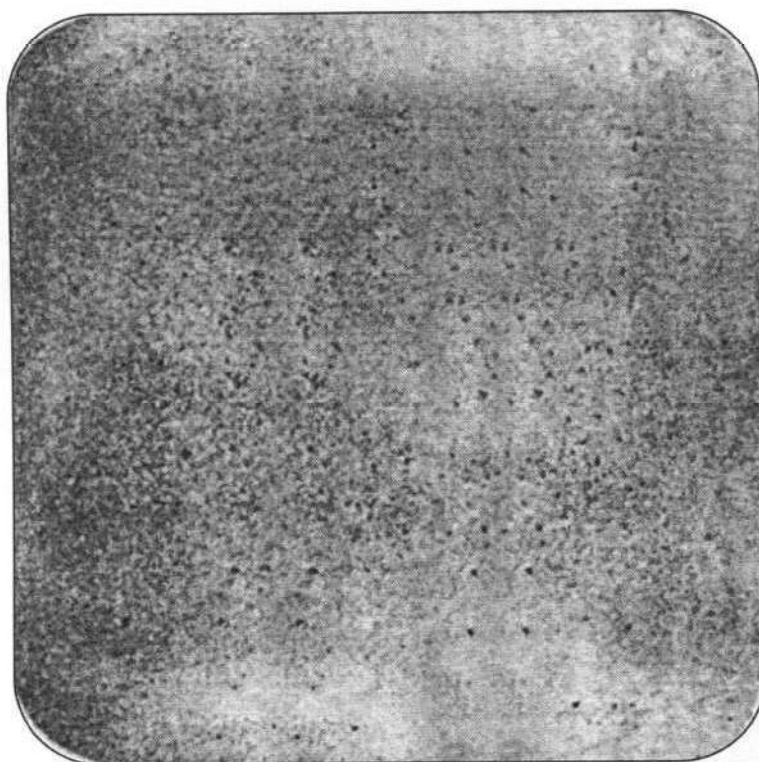
Шкала № 2а. Точкова неоднорідність



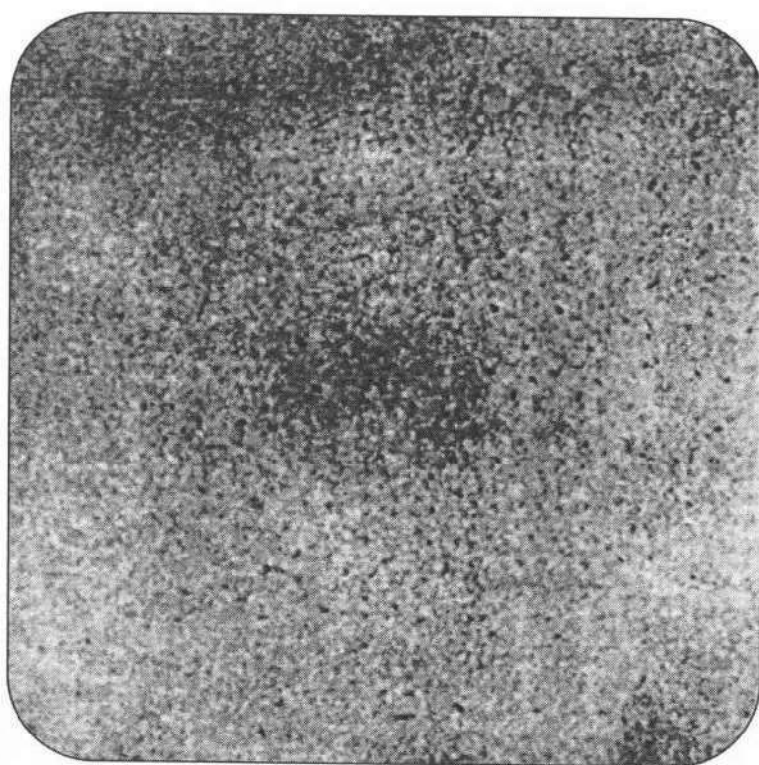
Бал 1



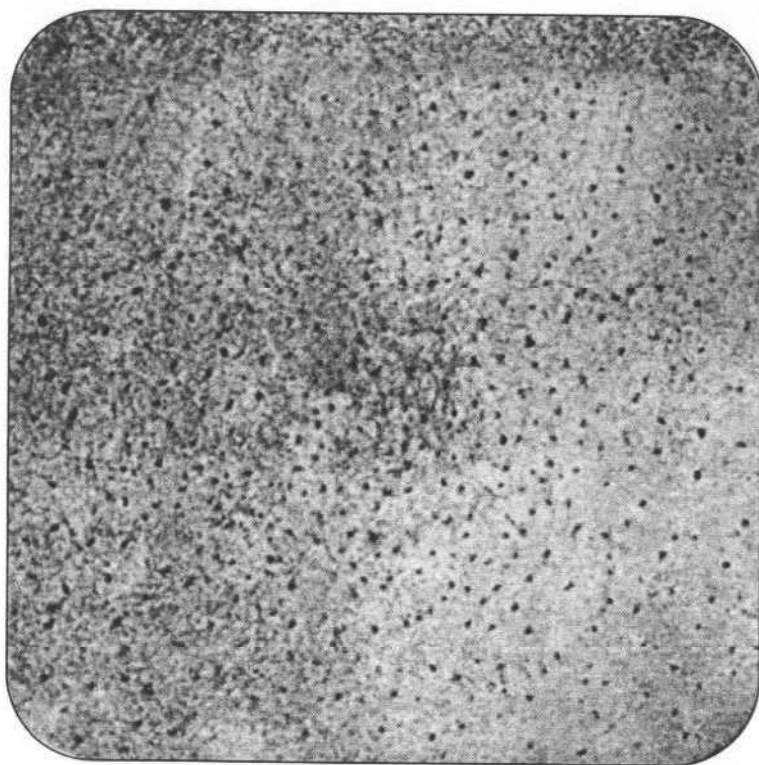
Бал 2



Бал 3

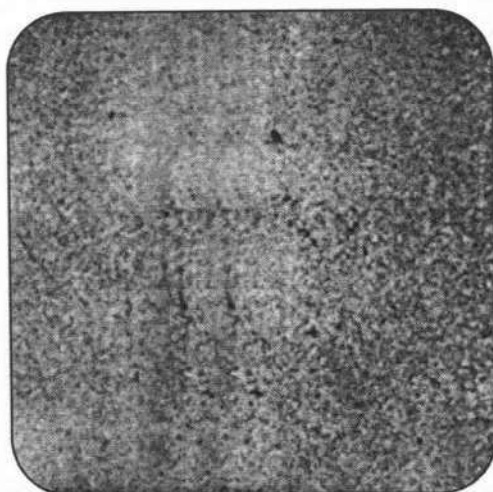


Бал 4

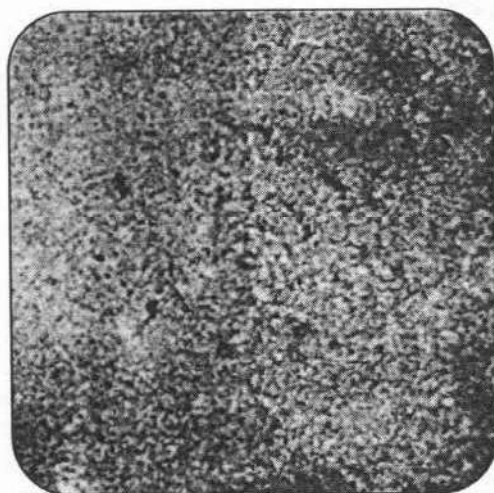


Бал 5

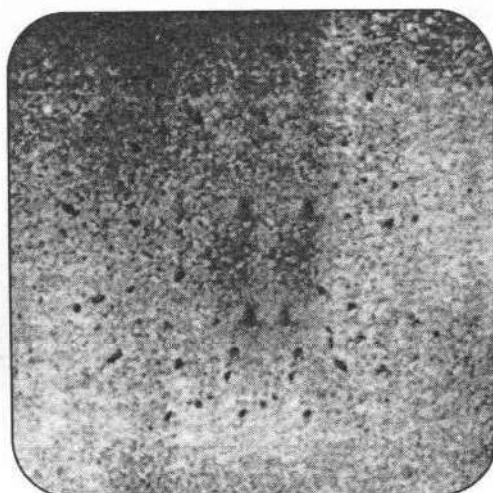
Шкала № 3. Загальна плямиста ліквіація



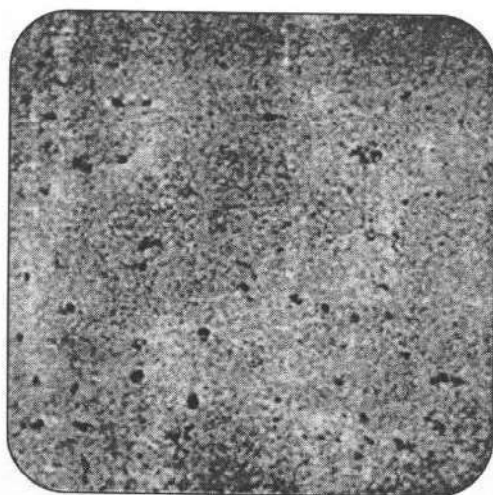
Бал 1



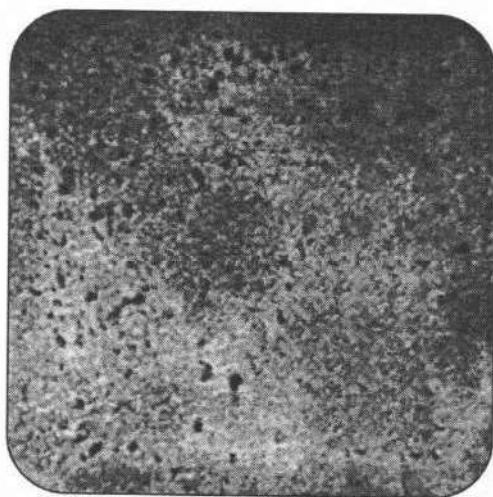
Бал 2



Бал 3

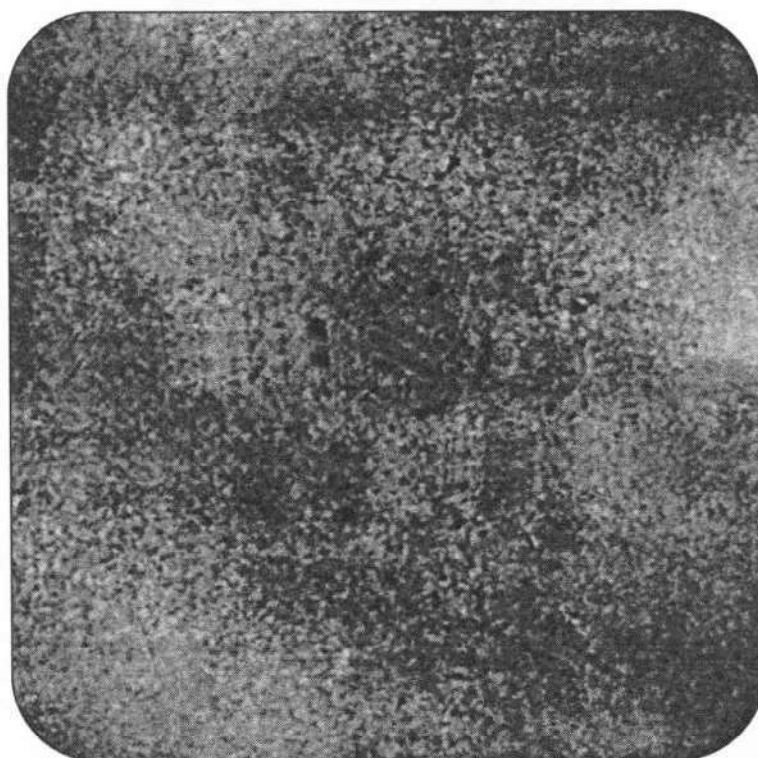


Бал 4

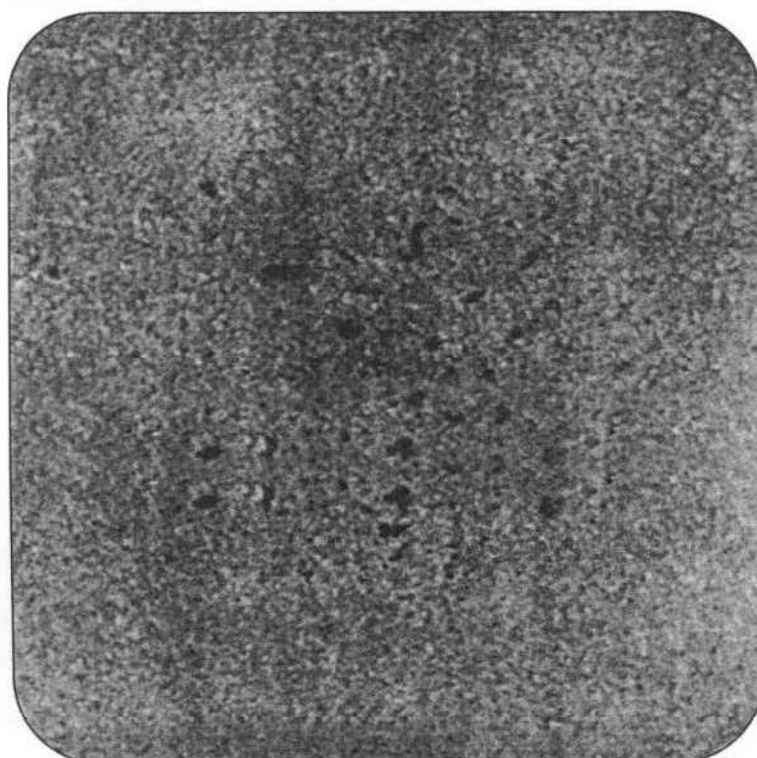


Бал 5

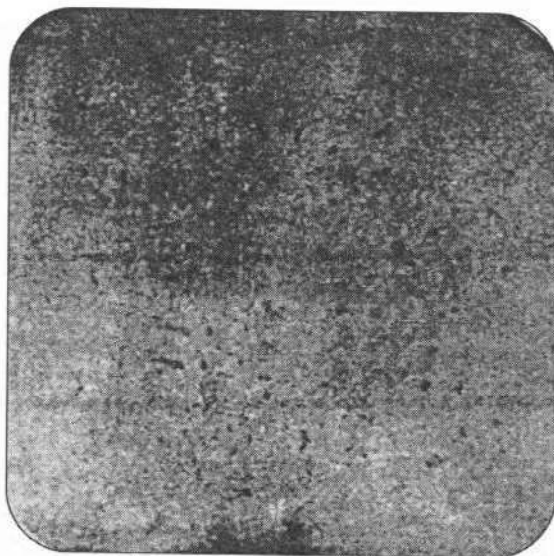
Шкала № 3а. Загальна плямиста ліквіація



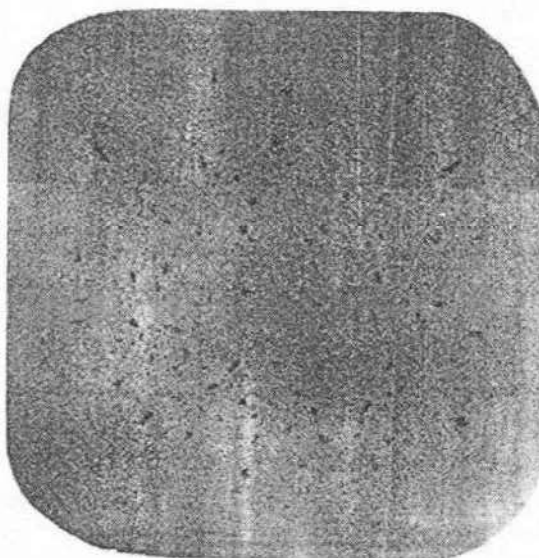
Бал 1



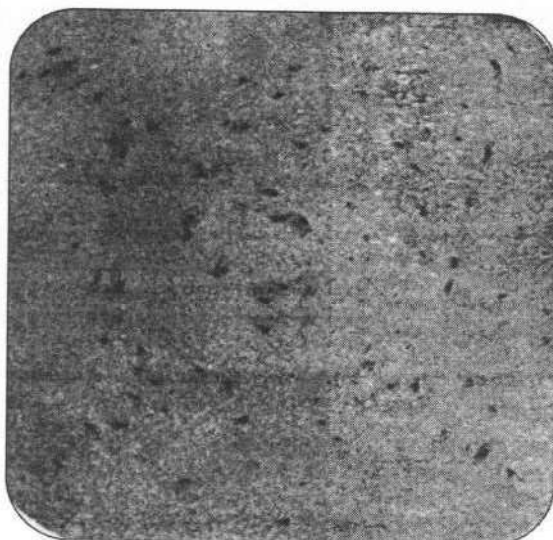
Бал 2



Бал 3

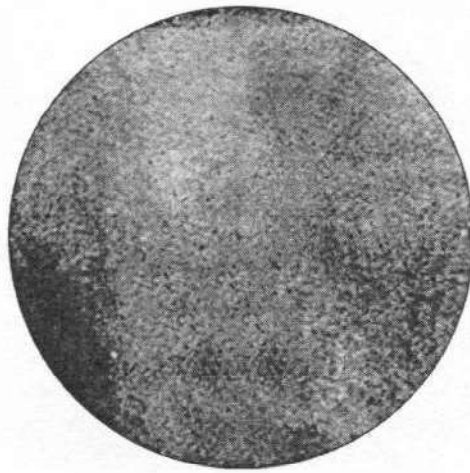


Бал 4

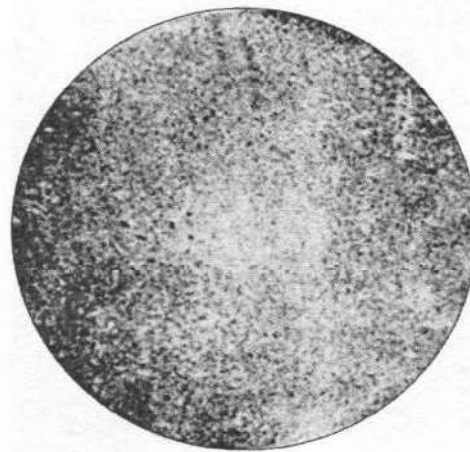


Бал 5

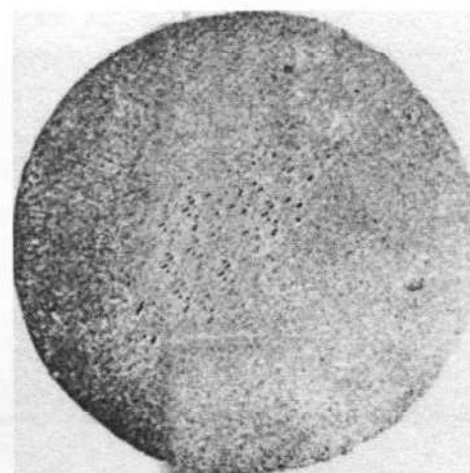
Шкала № 36. Плямиста ліквіація, характерна для металу електрошлакового переплавлення



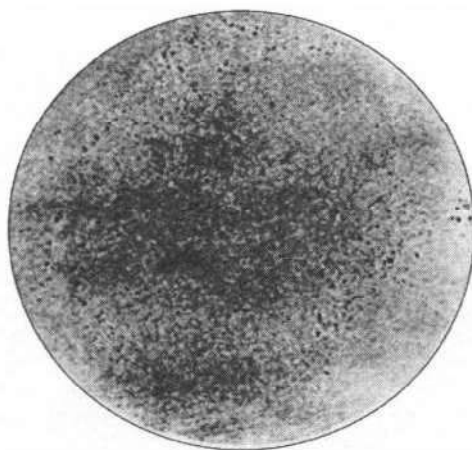
Бал 1



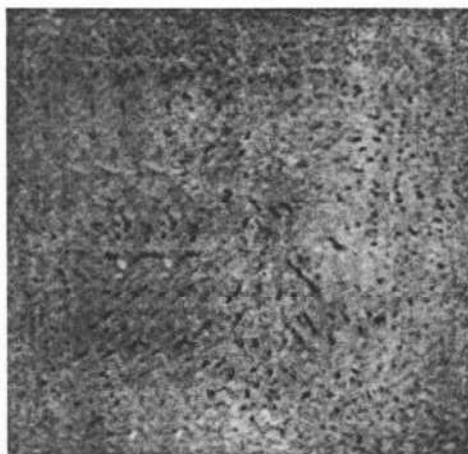
Бал 2



Бал 3

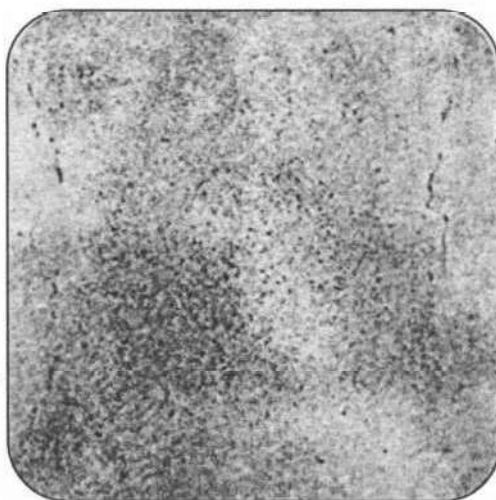


Бал 4

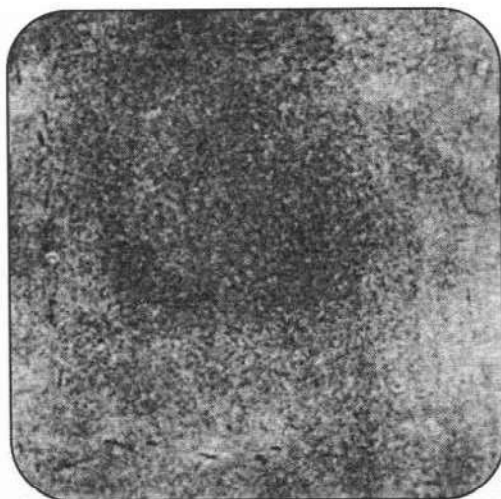


Бал 5

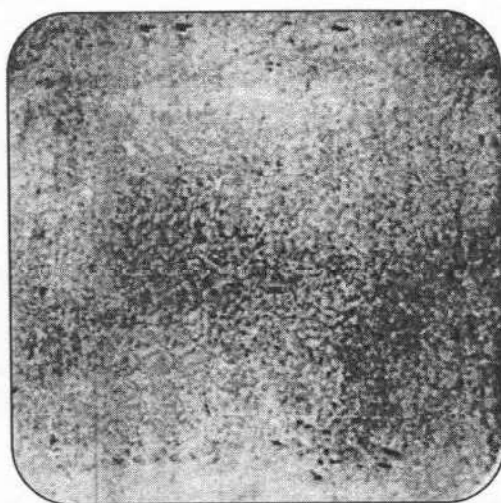
Шкала № 4. Крайкова плямиста ліквіація



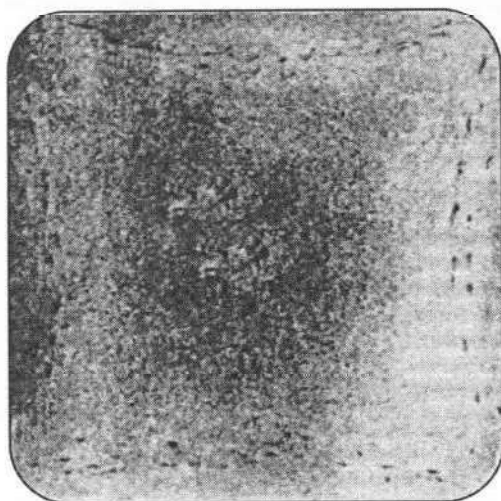
Бал 1



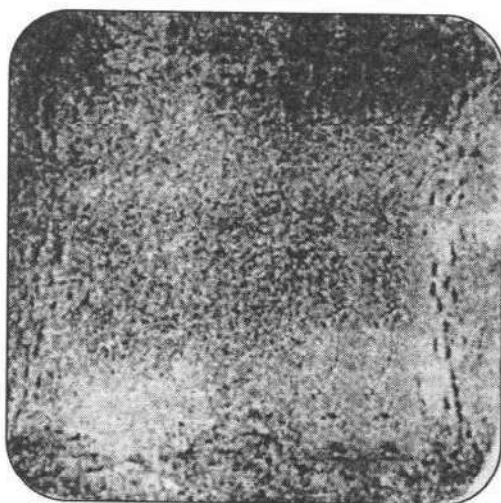
Бал 2



Бал 3

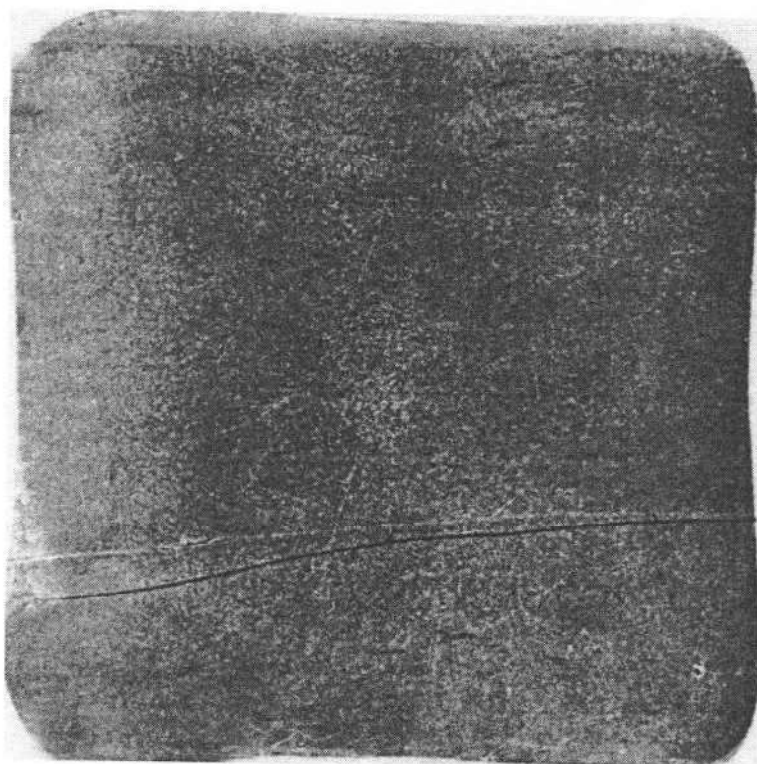


Бал 4

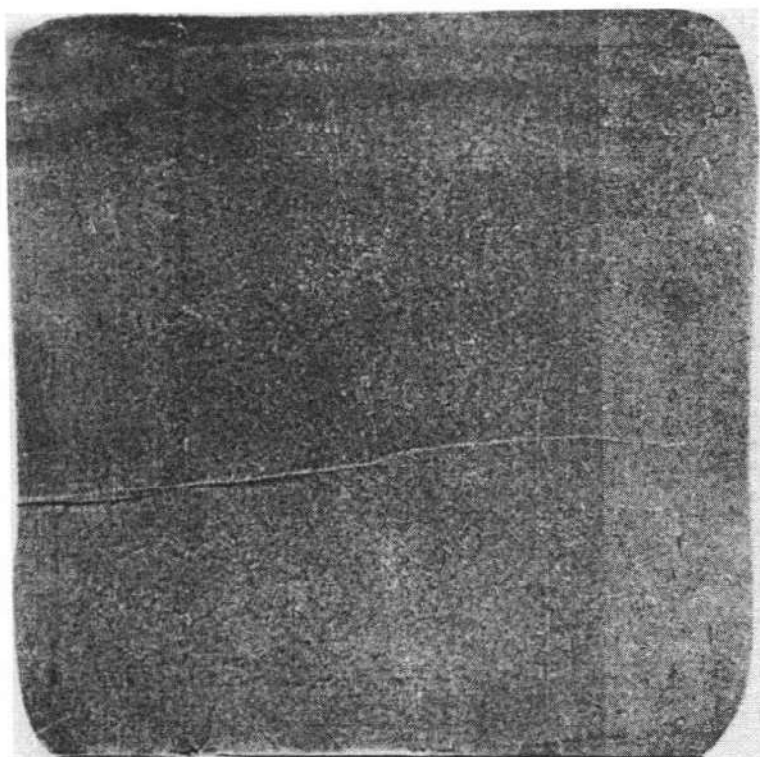


Бал 5

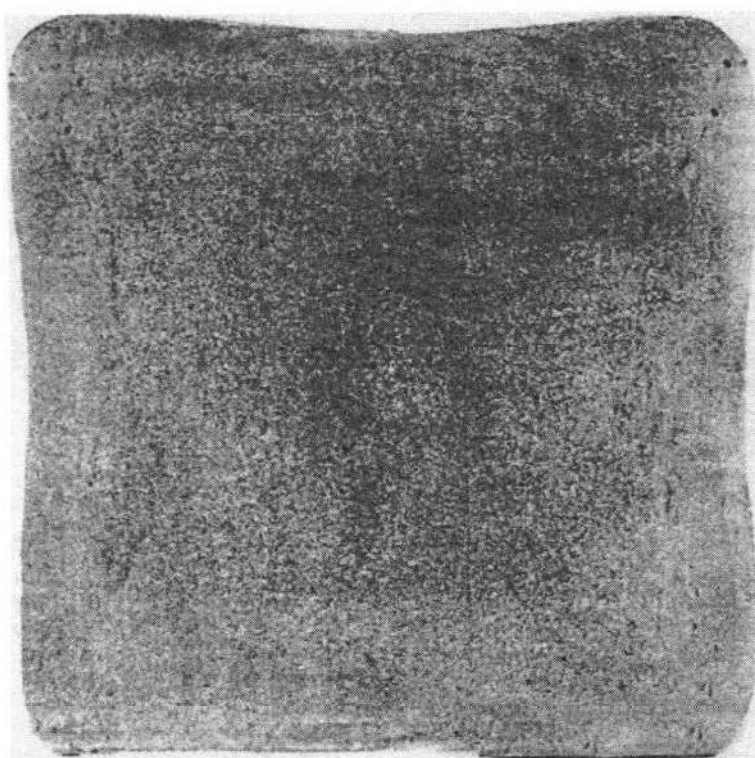
Шкала № 4а. Крайкова плямиста ліквіація



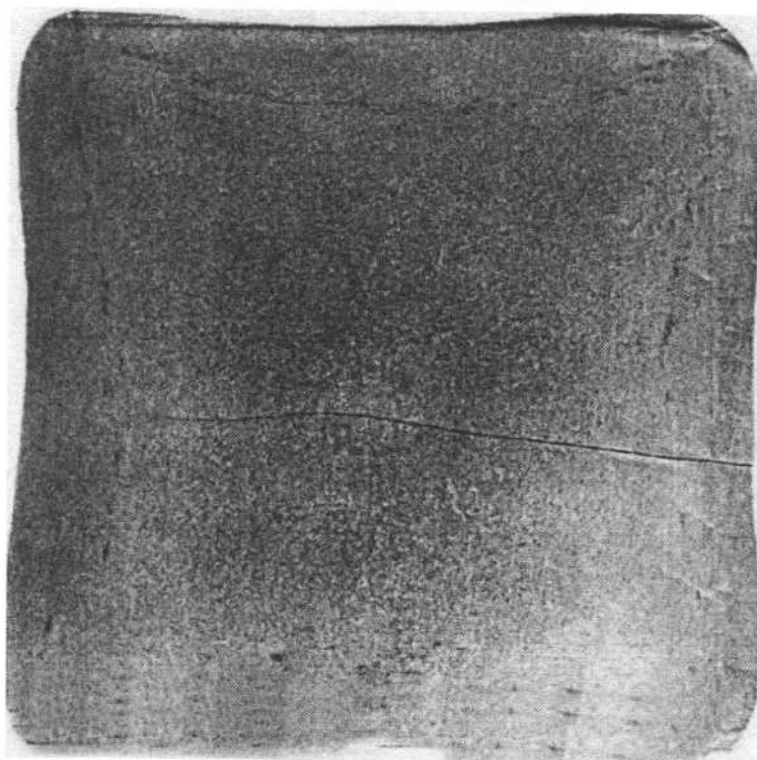
Бал 1



Бал 2



Бал 3

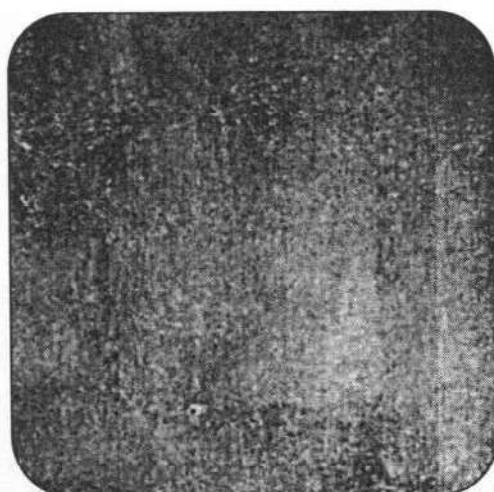


Бал 4

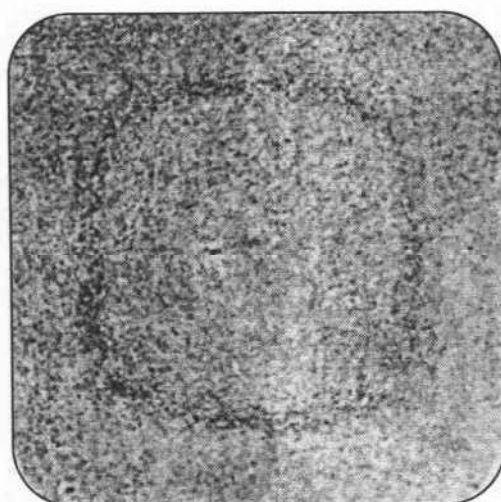


Бал 5

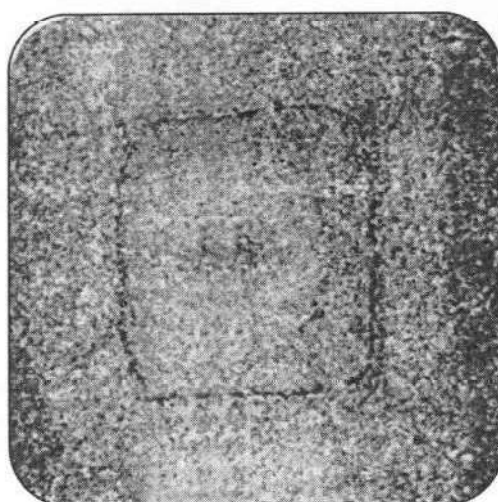
Шкала № 5. Ліквацийний квадрат



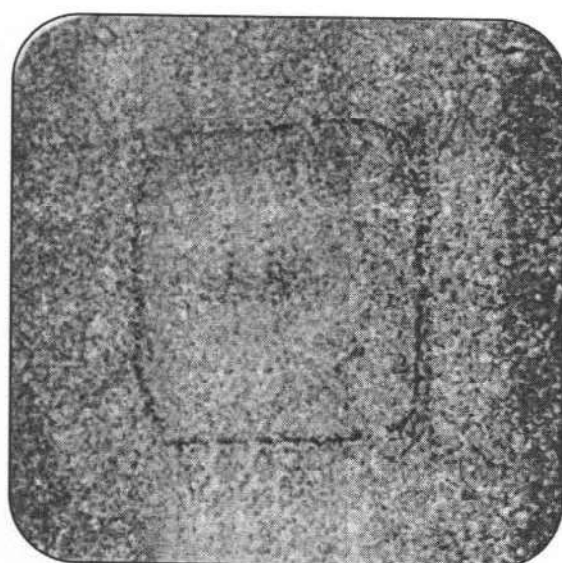
Бал 1



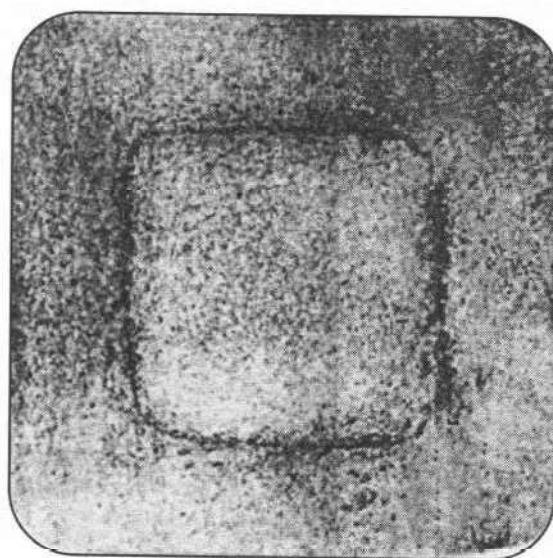
Бал 2



Бал 3

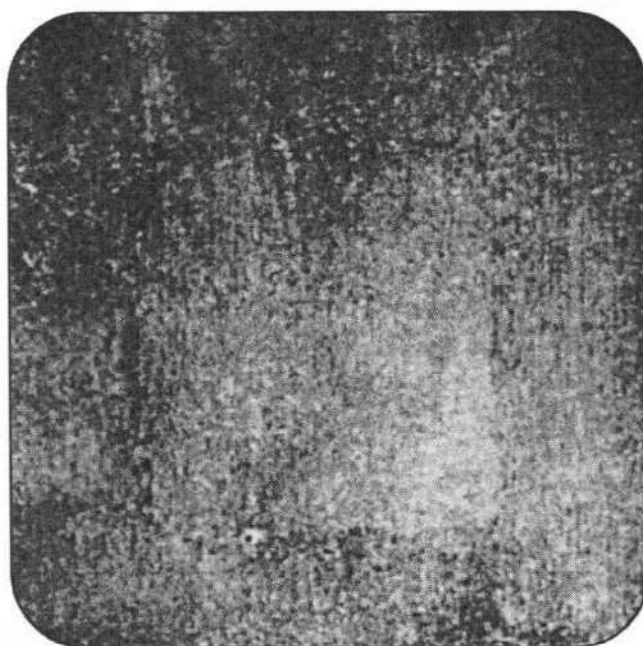


Бал 4

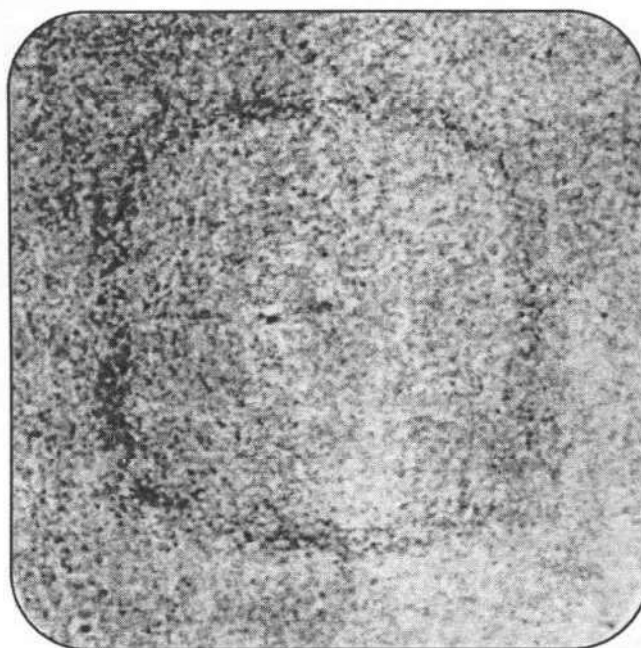


Бал 5

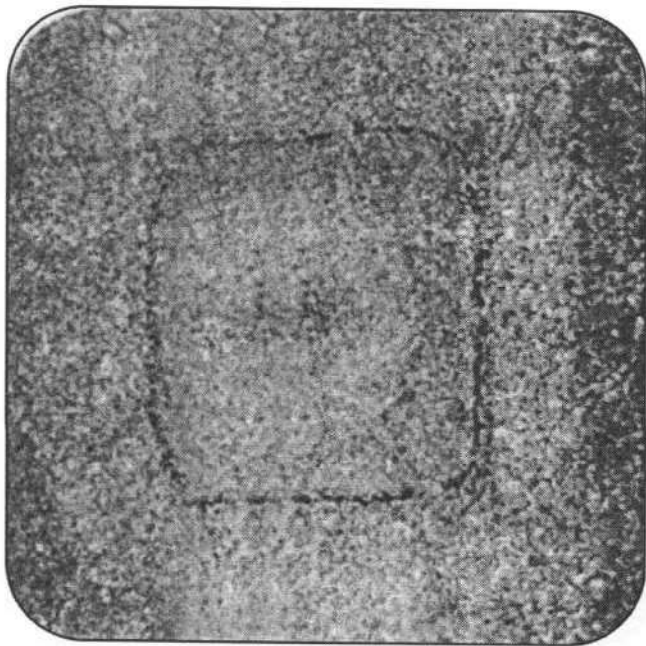
Шкала № 5а. Ліквацийний квадрат



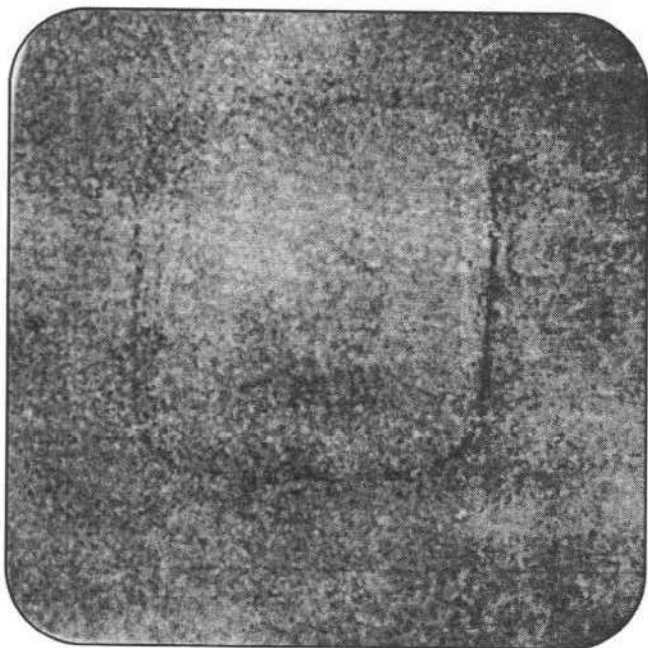
Бал 1



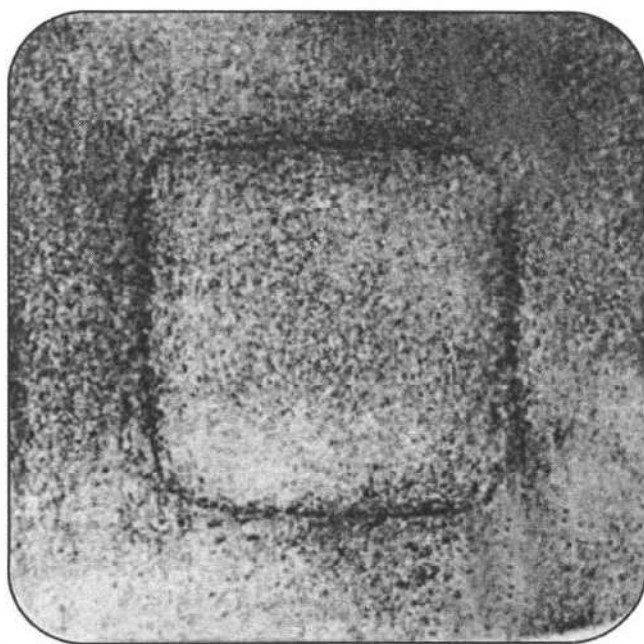
Бал 2



Бал 3

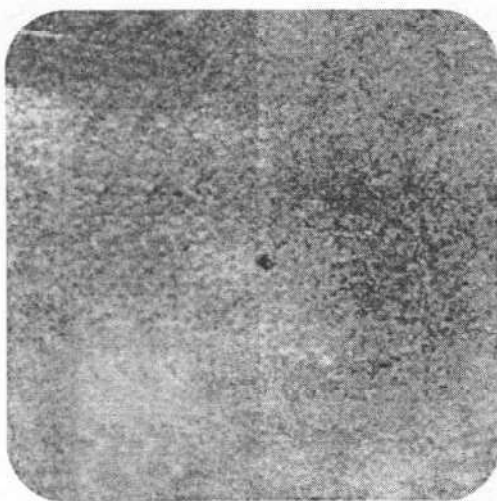


Бал 4

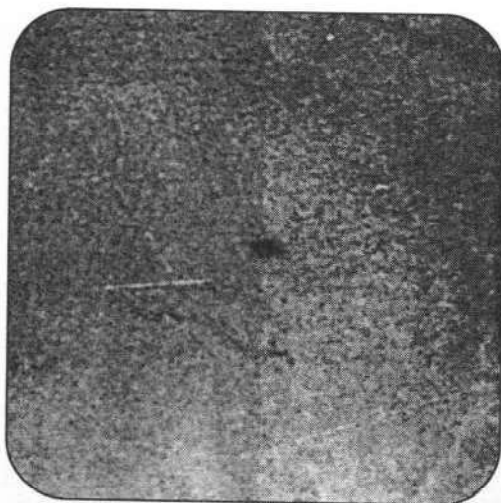


Бал 5

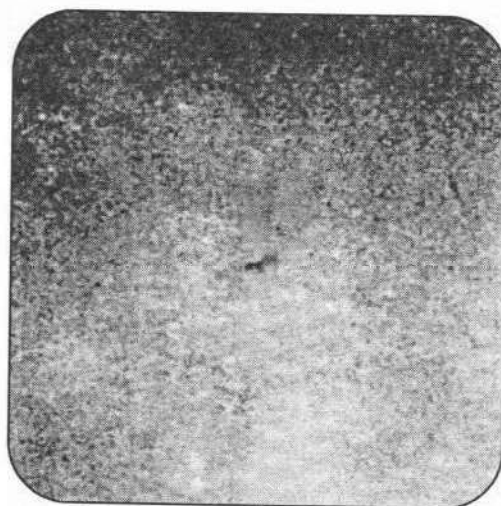
Шкала № 6. Підсадкова ліквіація



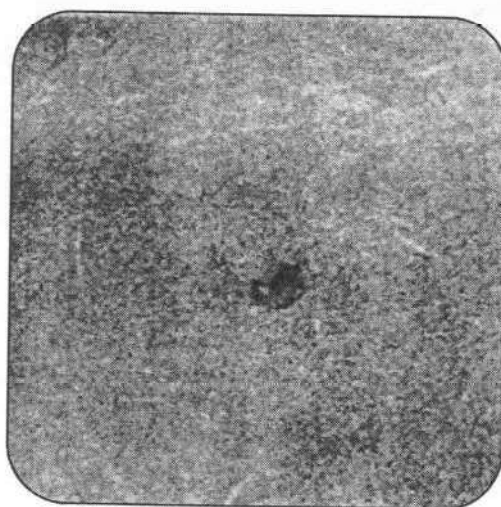
Бал 1



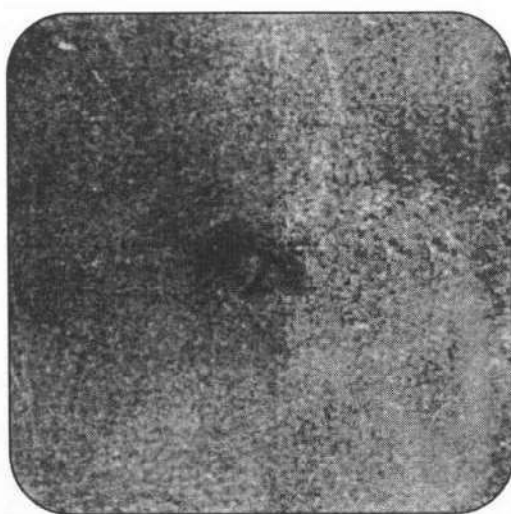
Бал 2



Бал 3

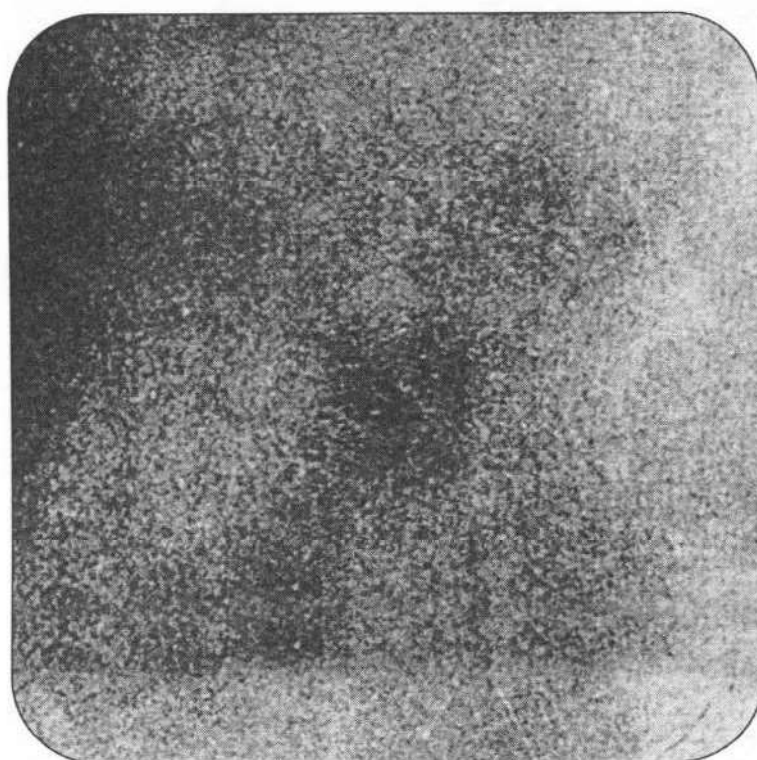


Бал 4

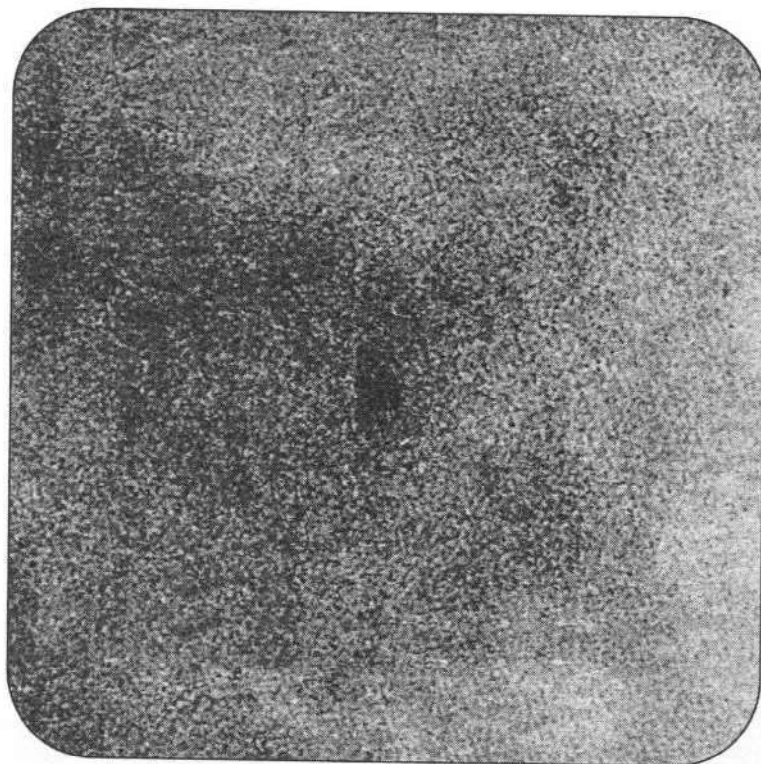


Бал 5

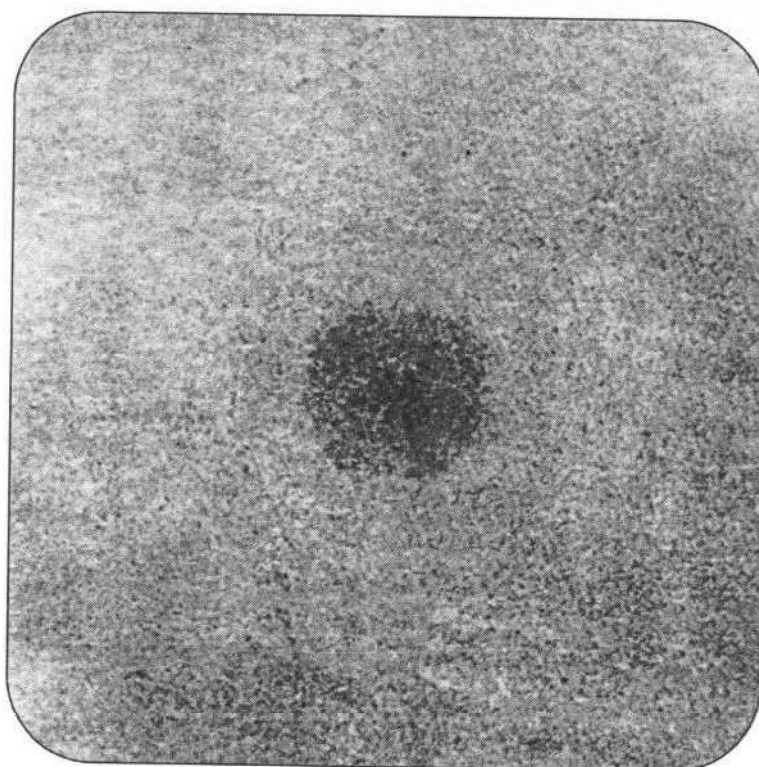
Шкала № 6а. Підсадкова ліквация



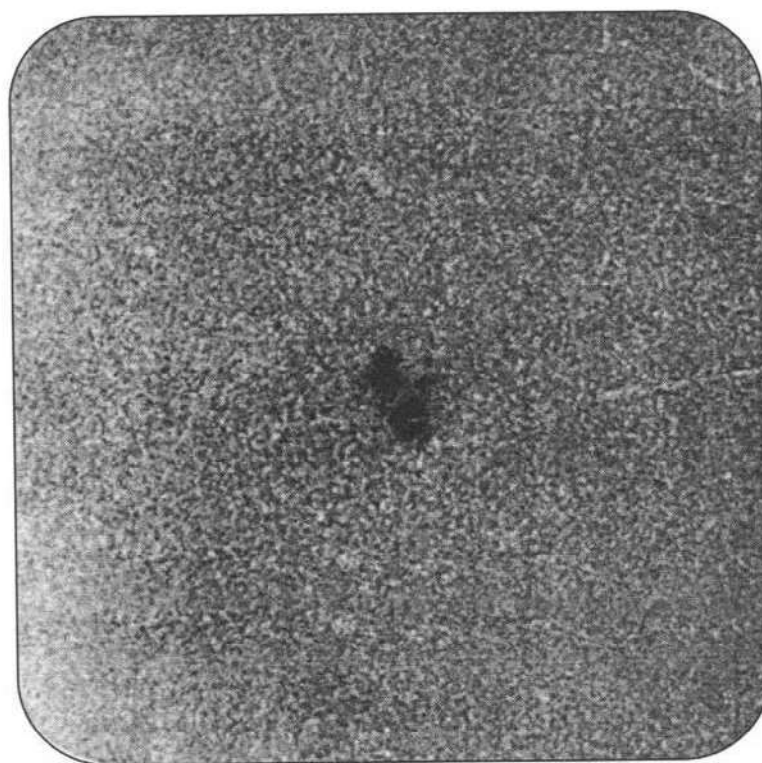
Бал 1



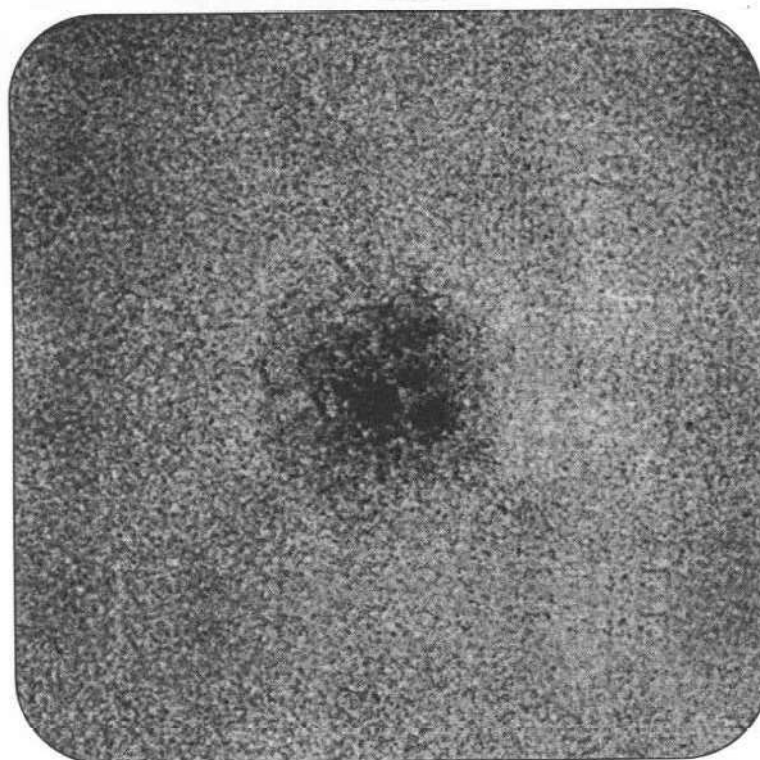
Бал 2



Бал 3

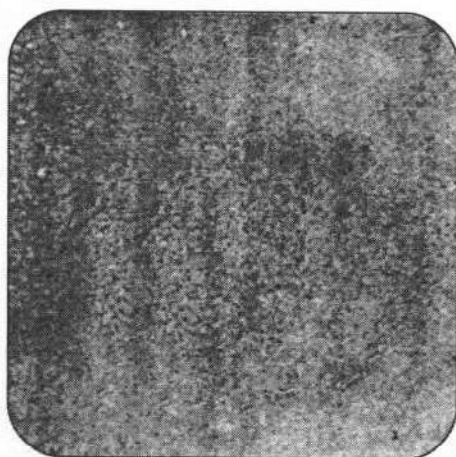


Бал 4

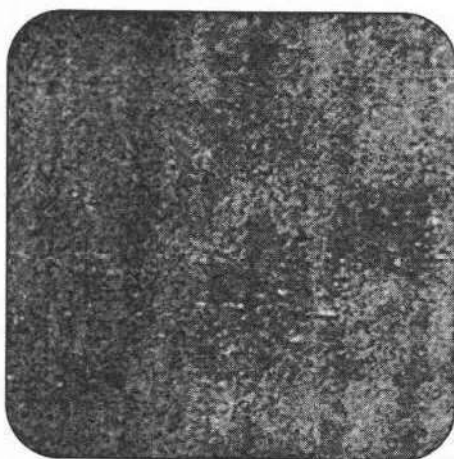


Бал 5

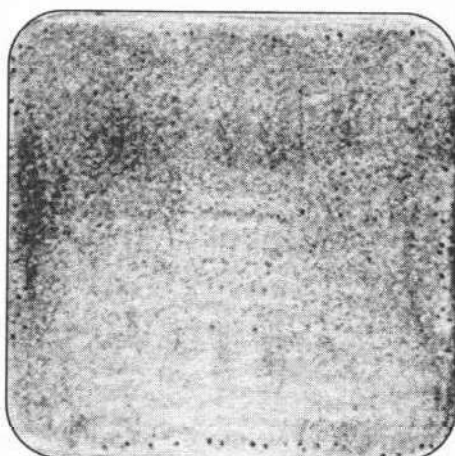
Шкала № 7. Підкіркові пузирі



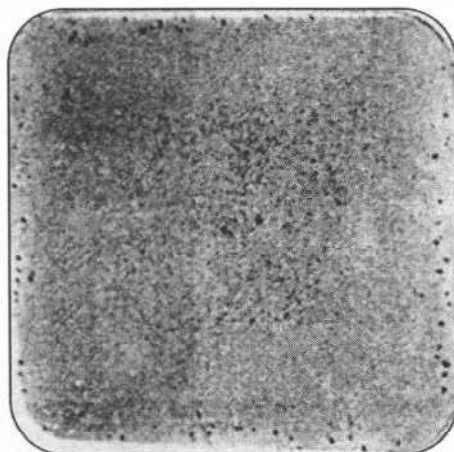
Бал 1



Бал 2



Бал 3

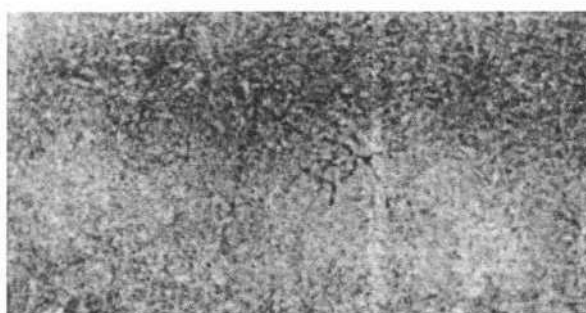


Бал 4

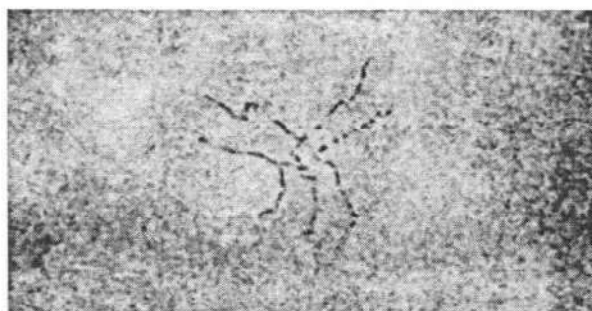


Бал 5

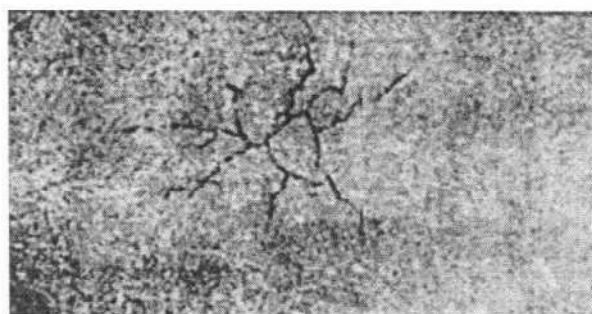
Шкала № 8. Міжкристалітні тріщини



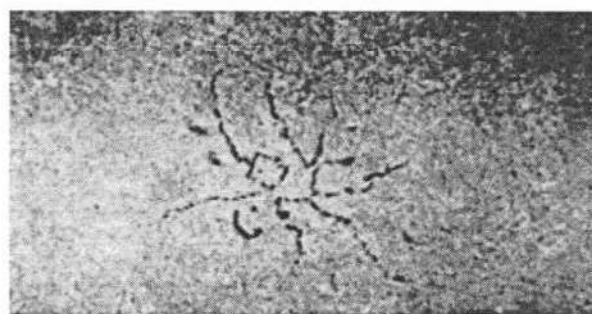
Бал 1



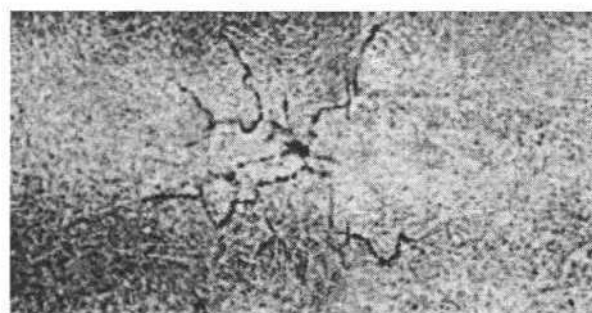
Бал 2



Бал 3

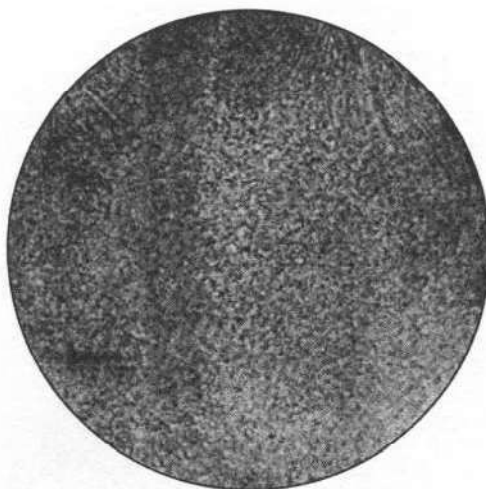


Бал 4

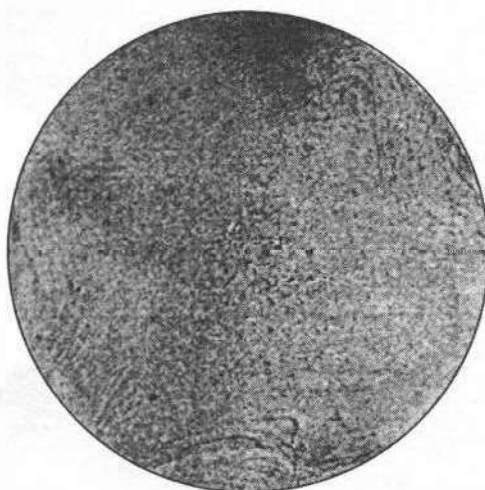


Бал 5

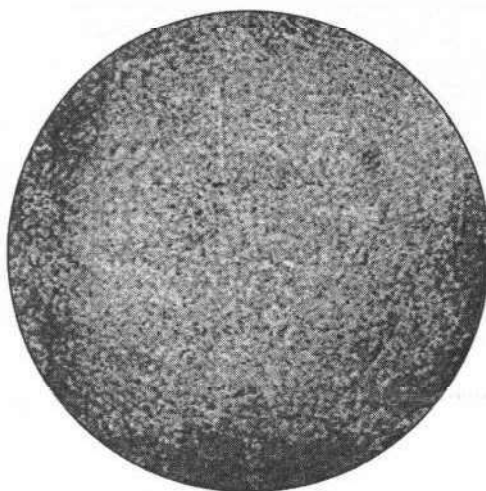
Шкала № 9. Пошарова кристалізація



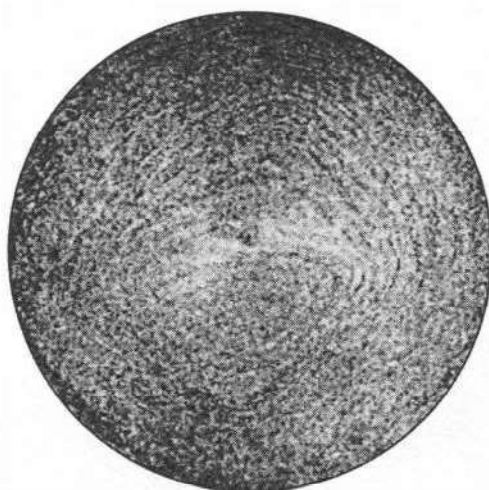
Бал 1



Бал 2



Бал 3

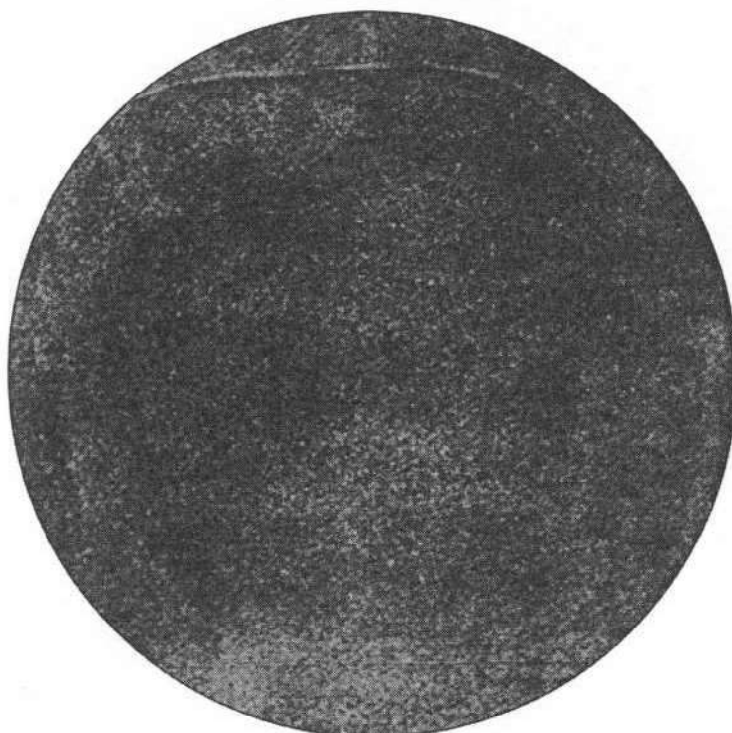


Бал 4

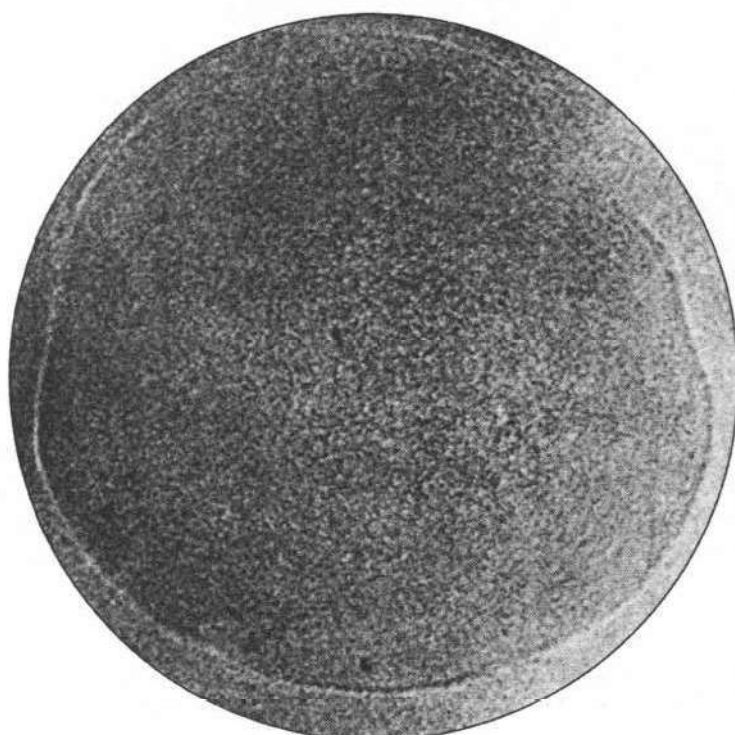


Бал 5

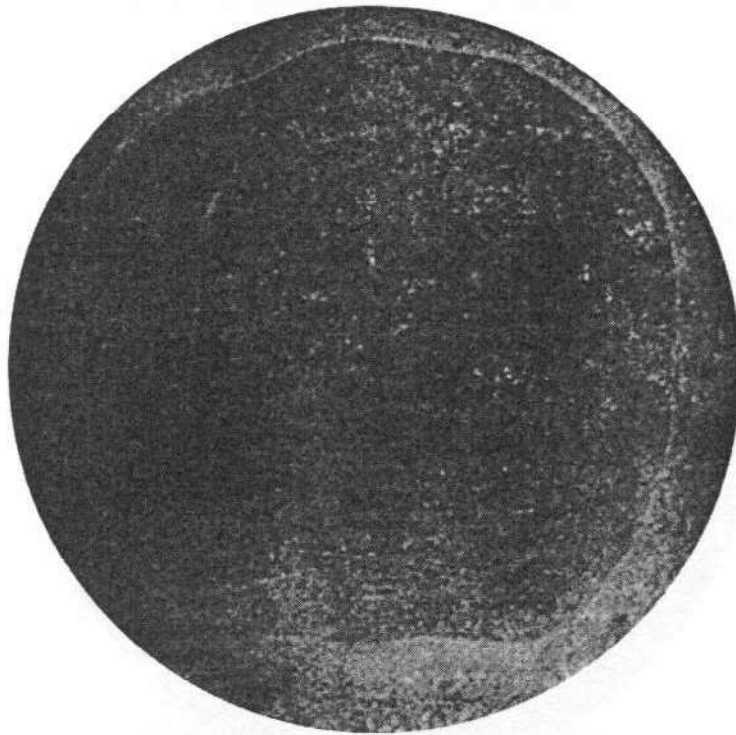
Шкала № 10а. Світла смужка (контур)



Бал 1



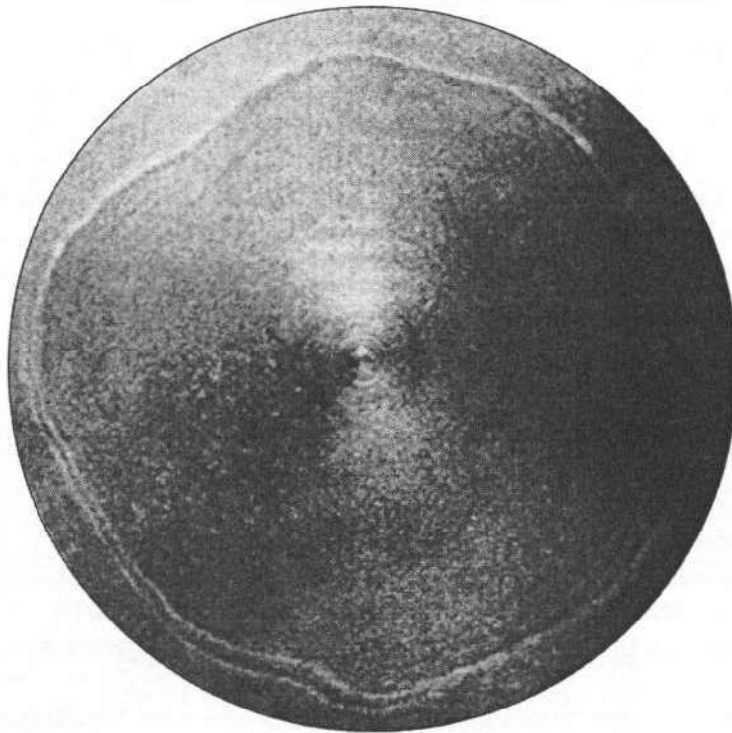
Бал 2



Бал 3



Бал 4



Бал 5

ДОДАТОК В (обов'язковий)

ОПИС МАКРОСТРУКТУРИ ТА ДЕФЕКТІВ, ІЛЮСТРОВАНІХ ШКАЛАМИ

В.1 Центральна пористість

Дрібні пустоти, які не заварилися під час гарячого механічного оброблення зливка. На макротемплеті пористість виявляють у вигляді дрібних чи окремих великих темних точок — пор. Розвиток дефекту (бал) визначають кількістю, розмірами пор та площею зразка, ураженою пористістю (шкали № 1 та № 1а).

В.2 Ліквіація

Неоднорідність окремих ділянок металу за хімічним складом, структурою, неметалевими включеннями та газами.

Передбачено класифікацію та оцінювання чотирьох видів ліквіації.

В.2.1 Точкова неоднорідність, точкова ліквіація

Дрібні округлі точки, які сильно травляться (матові), розподілено за всім перерізом зразка, крім крайової зони. Розвиток дефекту (бал) зазвичай визначають кількістю точок та розтравленням металу в них. Беруть до уваги розміри точок та площу зразка, уражену ними (шкали № 2 та № 2а). У загартованому поздовжньому зламі ліквіацію іноді виявляють у вигляді смужок із світлішою кристалічною структурою.

В.2.2 Плямиста ліквація

Окремі темні плями різних розмірів та форми. За розташуванням на зразках розрізняють два види плямистої ліквації:

а) загальна плямиста ліквація — плями, розташовані за перерізом зразка порівняно симетрично до осі заготовки (шкали № 3 та № 3а) або несиметрично розташовані плями менших розмірів, але з більшою відмінністю їхньої структури від структури основного металу (шкала № 3б). Останні виявляють переважно в металі, переплавленому у вакуумних дугових та електрошлакових пічах;

б) крайкова плямиста ліквація — орієнтовані уздовж граней зразка плями овальної форми.

Розвиток дефекту (бал) визначають кількістю, різкістю прояву, розміром плям та площею зразка, ураженого плямами. Ураховують також глибину, на якій розташовано плями, від поверхні заготовки (шкали № 4 та № 4а).

В.2.3 Лікваційний квадрат чи лікваційне коло

Контури ліквації визначають конфігурацією зливка. На макротемплеті її виявляють у вигляді смужки металу (розташована частіше на середині радіуса або $\frac{1}{4}$ сторони квадрата), яка травиться інтенсивніше порівняно з рештою частини шліфа. Зі збільшенням травленості металу в смузі та зі збільшенням замкнутості контуру бал збільшується (шкали № 5 та № 5а).

В.2.4 Підусадкова ліквація

Темні ділянки в центрі заготовок, які легко розтравлюються. Бал зростає зі збільшенням розміру плям та різниці в травленості осової зони та решти частини зразка (шкали № 6 та № 6а). Появу темних плям може бути зумовлено також науглецюванням металу від утеплювальних засипок, які містять вуглець.

Для уточнення класифікації дефектів та виявлення ліквації рекомендовано додаткове перевірення методом зняття відбитків на розподіл сірки — за Бауманом (Д.1), а також травлення відполірованих зразків реактивами Обергоффера, Хайна та ін. У дослідницьких цілях для визначення розподілу свинцю в сталі застосовують метод зняття відбитка за Врегом (Д.2).

В.3 Підкіркові пузирі

Дрібні пустоти — пори, розташовані поблизу чи на поверхні заготовки. Форма дефекту залежить від глибини залягання: у вигляді округлих, овальних чи тонких рисочок. Ступінь розвитку дефекту оцінюють у балах. Зі збільшенням кількості пузирів у площині зразка, а також глибини їх залягання від поверхні, бал зростає (шкала № 7).

В.4 Міжкристалітні тріщини

Тріщини у вигляді трьох та більше звивистих, тонких, павукоподібних смужок, спрямованих від осі заготовки в сторони (шкала № 8). Бал зростає зі зростанням кількості та розміру тріщин (їхніх довжини та ширини). Класифікацію дефекту перевіряють зламом: наявність розшарування в загартованому зламі свідчить про правильне визначення.

Розтравлення металу за «павучком» може відбуватися за рахунок структурної неоднорідності, що не є бракувальною ознакою. У цьому разі випробування рекомендовано повторити після термічного оброблення — нормалізації та відпалення зразка.

В.5 Пошарова кристалізація

Шари металу, що чергуються, у вигляді вузьких світлих та темних смуг, розташованих частіше біля поверхні, рідше — за всім перерізом зразка. Бал зростає зі зростанням травленості смуг, їхньої ширини, кількості та глибини їх залягання (шкала № 9).

В.6 Світла смужка (контур)

Порівняно яскрава концентрична смужка металу зниженої травленості. Форму смужки (коло, квадрат) визначають конфігурацією кристалізатора. Бал зростає зі зростанням яскравості та ширини смуги, замкнутості контуру та кількості смуг (шкала № 10а).

ДОДАТОК Г
(обов'язковий)

ОПИС МАКРОСТРУКТУРИ ТА ДЕФЕКТІВ

Г.1 Дефекти, які виявляють на зламах

Г.1.1 Грубі розкачані пори та газові пузири

Окремі ниткоподібні смуги з викривленою кристалічною структурою. Пузири можуть бути поодинокими, груповими, розташованими за всім перетином, у центрі чи біля поверхні заготовок (рисунки Г.1а, Г.1б).

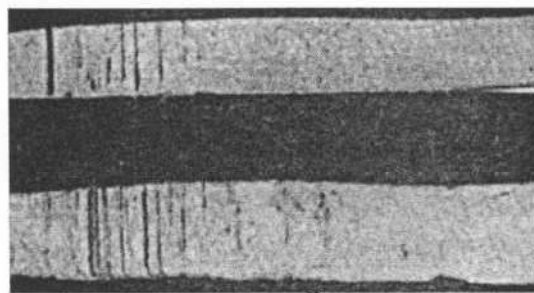
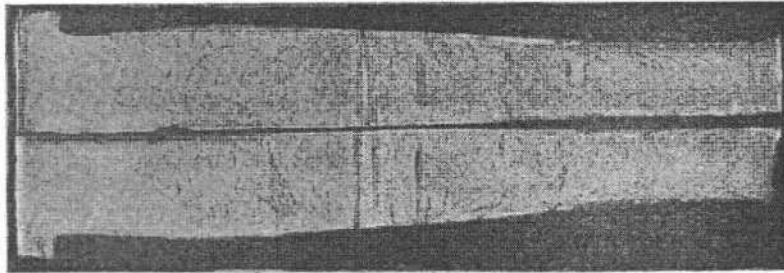


Рисунок Г.1 — Грубі розкачані пори та газові пузири

Г.1.2 Груба плямиста ліквіація

Широкі смуги з іншою кристалічною структурою, частіше темні, довільно розташовані за перерізом заготовки (рисунок Г.2).

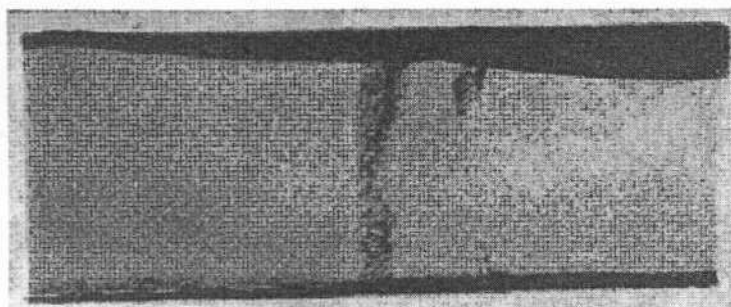


Рисунок Г.2 — Груба плямиста ліквіація

Г.1.3 Залишки усадкової раковини

Темна чи світло-сіра смуга зі шлаком в осьовій зоні з некристалічною структурою або із загладженою, притертою, окисленою поверхнею (рис. Г.3).

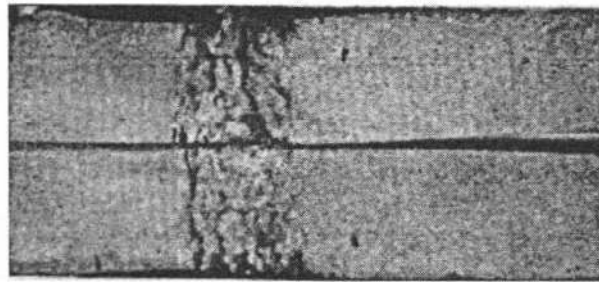


Рисунок Г.3 — Залишки усадкової раковини

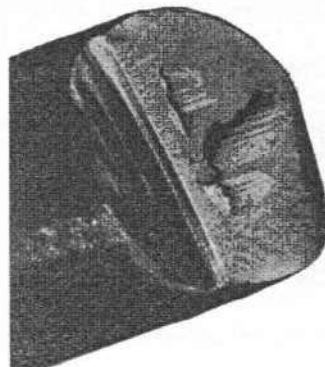
Г.1.4 Підусадкова пухкість

Одна чи кілька темних смуг із грубошаровою структурою, яка часто супроводжена порами, шлаковими включеннями.

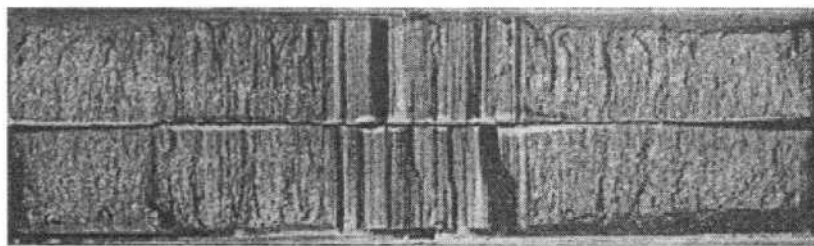
Г.1.5 Розшарування

Широкі смуги із заглаженою, кристалічною, світлою (на відміну від усадкової раковини) структурою в осьовій, рідше у крайовій зоні заготовки.

Спричинено наявністю інтеркристалічних тріщин у зливку, які не заварюються під час подальшої деформації (рис. Г.4а, Г.4б). Після суттєвого ступеня деформації у зламі залишаються окремі світлі (срібні) ниті.



а



б

Рисунок Г.4 — Розшарування

Г.1.6 Міжкристалітні прошарки

Прошарки, які виявляються у порівняно малоздеформованому металі у вигляді неоднорідної структури зламу трьох видів.

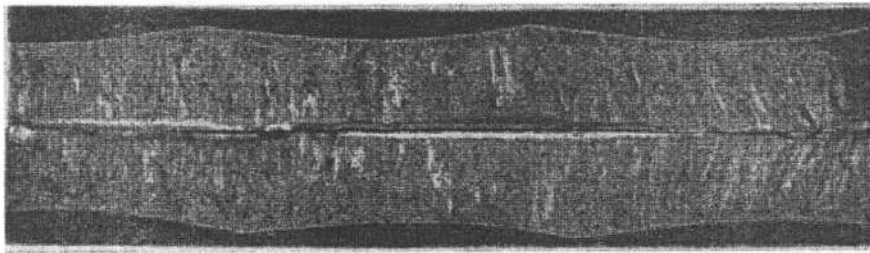
Г.1.6.1 Сколи

Ділянки різної форми та розмірів, розташовані частіше у крайовій зоні заготовок, прокатаних із сталі конструкційних марок. Поверхня сколів має більш дрібнозернисту структуру та світлий чи матовий відтінок залежно від марки сталі та умов контролювання зразка (рисунки Г.5а та Г.5б).

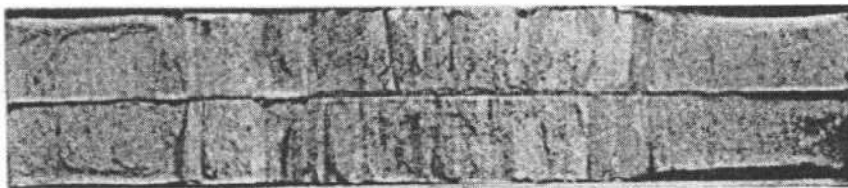
Г.1.6.2 Шаруваті злами

Смуги, які більш закономірно чергуються, з дрібнозернистою та звичайною для цієї марки сталі структурою. Розрізняють місцем розташування за перерізом заготовки: у поверхні, в осьовій зоні,

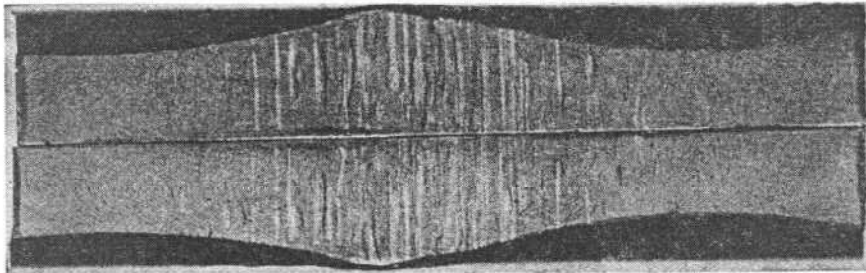
за всім перерізом — залежно від марки сталі, режимів деформації, місця відбирання проб для контролювання (рисунки Г.5 в та Г.5 г).



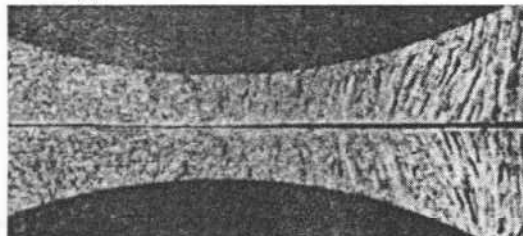
а — сколи зі світлим відтінком



б — сколи (площинки) з матовим відтінком



в — шаруватий злам в осьовій частині заготовки



г — шаруватий злам в крайковій частині заготовки

Рисунок Г.5 — Міжкристалітні прошарки

Г.1.7 Зневуглицьований та навуглицьований шар

Шар на зламі прутків упоперек волокна, відрізняється величиною зерна та відтінком структури: світлий, крупнозернистий — у разі зневуглицювання (рис. Г.6); матовий, дрібнозернистий — у разі навуглицювання металу (за всім периметром прутка чи його частини).

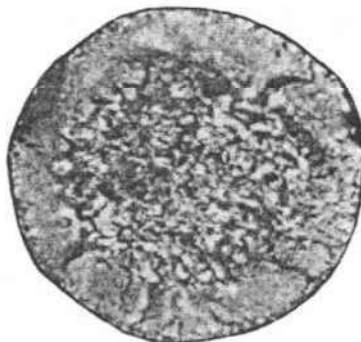


Рисунок Г.6 — Зневуглицьований шар (після сильного перегрівання металу)

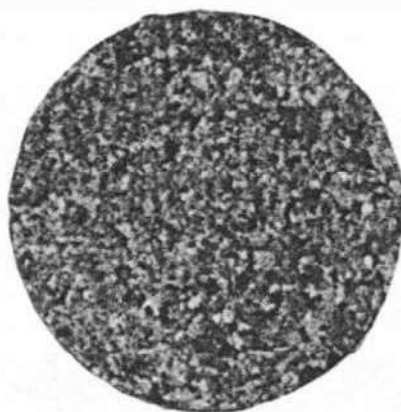
Г.1.8 Нафталіновий та каменеподібний злами

Результат сильного перегрівання металу перед деформацією чи під час термічного оброблення.

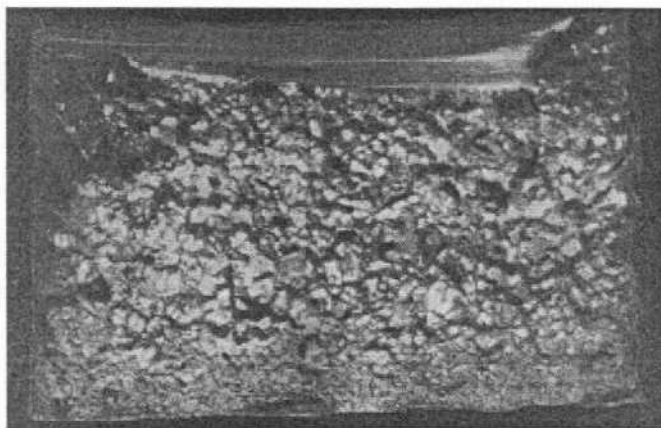
Нафталіновим зламом класифікують площинний злам з характерним блиском у перерізі великих зерен, які по-різному відбивають світло (рис. Г.7а).

Каменеподібним зламом класифікують матовий злам на границях великих чи дрібних зерен, що розкривають їх ограновування (рис. Г.7б).

На відміну від нафталінового зламу відбивна здатність граней зерна каменеподібного зламу слабо залежить від напрямку освітлення. Іноді для виявлення каменеподібного зламу потрібно визначити оптимальні умови відпускання загартованих зразків.



а

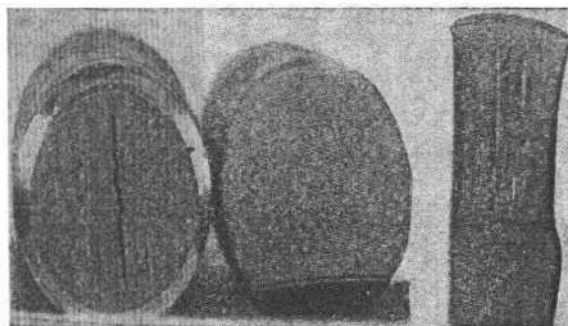


б

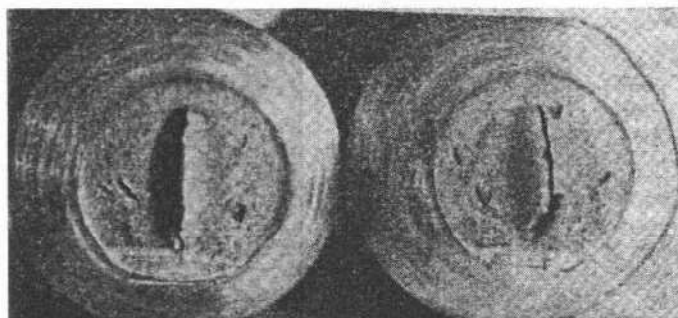
Рисунок Г.7 — Нафталіновий та каменеподібний злами

Г.1.9 Розщеплення, видери, несправжні розшарування

Дефекти у вигляді вузьких ущелин, виступів та поглиблень («язичків» у зламі прутків упоперек, а іноді й уздовж волокна). Утворюються, якщо не дотримано раціональної форми надрізу зразка, умов термічного оброблення перед ламанням та швидкості ламання (рисунки Г.8а та Г.8б). Розщеплення (видери) не пов'язано з якістю металу, що підтверджують контролюванням макро- та мікроструктури тієї самої проби в місці розщеплення.



а



б

Рисунок Г.8 — Розщеплення, видери, несправжні розшарування

Г.1.10 Чорний злам

Суцільний чи у вигляді окремих ділянок (різної форми) злам з темно-сірим або чорним забарвленням. Зустрічається у високовуглецевих інструментальних марках сталі (рисунок Г.9).

Примітка. Дефекти, наведені в Г.1.1—Г.1.6, чіткіше виявляються в поздовжніх зламах, у Г.1.7—Г.1.10 — у поперечних.

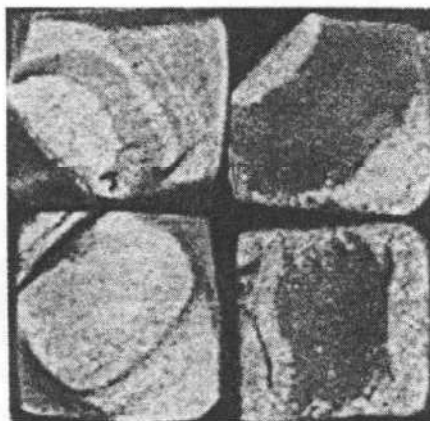
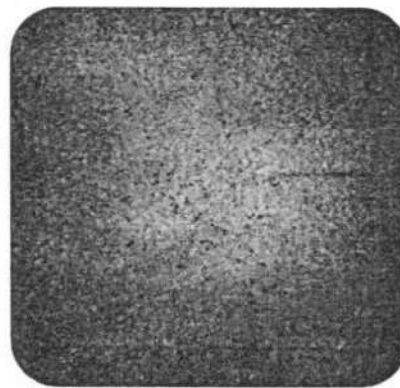


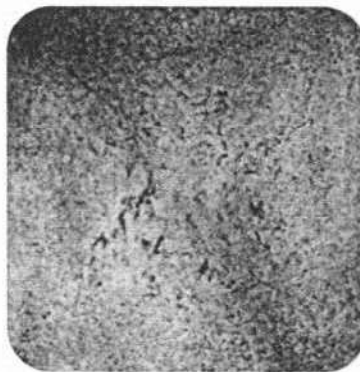
Рисунок Г.9 — Чорний злам

Г.2 Дефекти, які виявляють на макротемплетях, а потім — на зламах**Г.2.1 Неоднорідність макроструктури (титанова, церієва, цирконієва)**

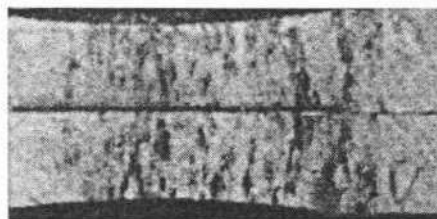
Локальне підвищене розтравлення металу у вигляді точок, дужок, плям у місцях скупчення неметалевих включень цих елементів (рис. Г.10а та Г.10б). Може бути розташовано як в осевій чи крайовій зоні, так і за всім перерізом зразка. У разі суттєвого розвитку виявляють і в поздовжньому зламі (рис. Г.10в). Зустрічається в сталі, що містить титан (понад 0,3 %), надлишковий відсоток церію, цирконію чи в разі неправильної технології введення їх у метал.



а — титану



б — церію



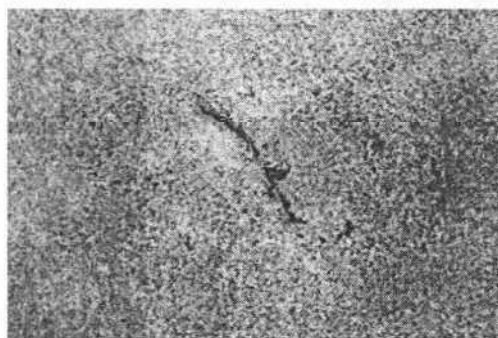
в — титату

Рисунок Г.10 — Неоднорідні розподілення елементів — присадок

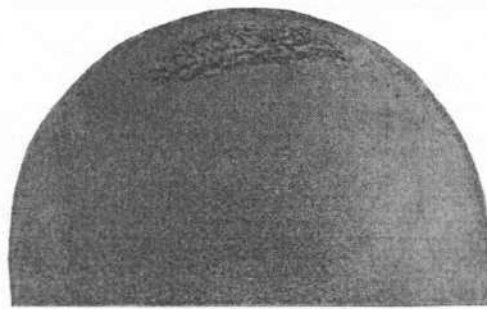
Г.2.2 Кірочки (екзогенні включення) біля краю або за перерізом заготовки

Ділянки різної травленості, що відрізняються за формою та величиною. Можуть бути темними (рис. Г.11а та Г.11б) чи світлими (рис. Г.11в) залежно від місця розташування за висотою зливка, хімічного складу, температури утворення та ступеня насичення газовими та неметалевими включеннями.

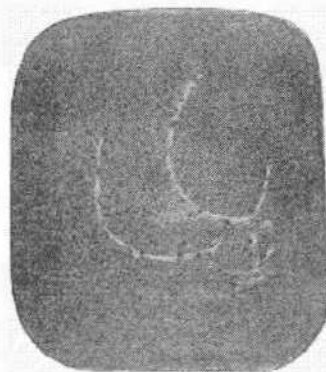
На грубих кірочках під час прокатування металу може утворитися розшарування, яке виявляють у загартованому зламі у вигляді смуг з некристалічною структурою (рис. Г.11г).



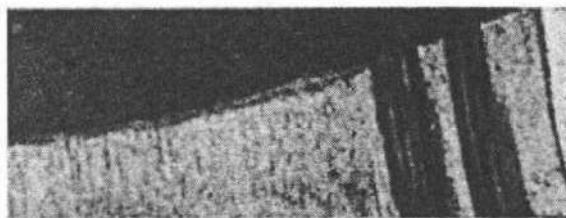
а — темна кірочка (у середині заготовки)



б — темна кірочка біля поверхні



в — світлі кірочки (низ зливка)



г — кірочки у зламі

Рисунок Г.11 — Кірочки (екзогенні включення)

Г.2.3 Свищі (газові пузирі, раковини)

Окремі великі та дрібні порожнини, пори овальної, круглої чи витягнутої форми, які зазвичай несиметрично розташовані за перерізом зразка (рис. Г.12). Можуть бути поодинокими чи груповими. Утворюються під час кристалізації металу, перенасиченого газами, у тому числі в разі порушення умов розливання.

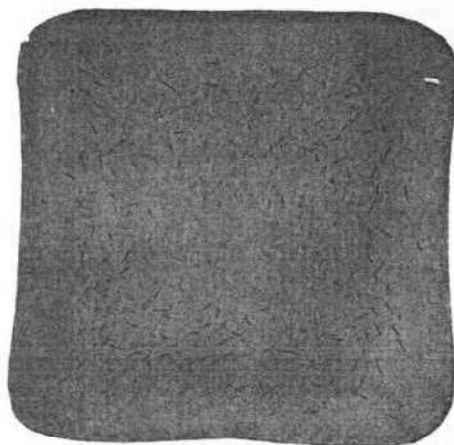


Рисунок Г.12 — Свищі

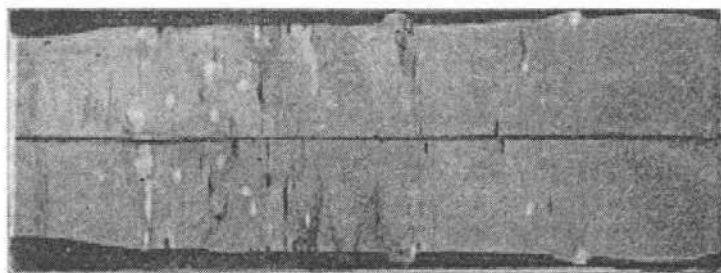
Г.2.4 Флокени

Тонкі звивисті тріщини завдовжки від 1 мм до 30 мм та більше. Орієнтовано безладно, уражають частину чи весь переріз заготовки, крім крайкової зони (рис. Г.13). Для правильної класифікації дефекту здійснюють додаткове контролювання за зломом того самого зразка після загартування.

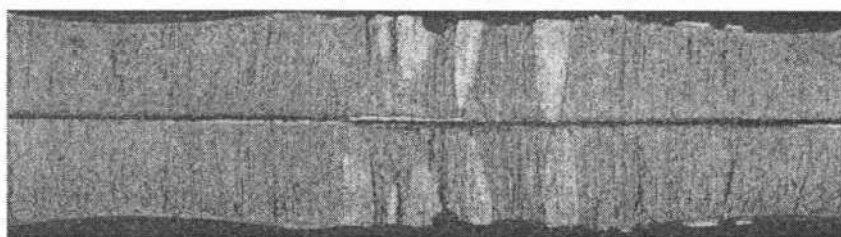
У зламі флокени виявляють у вигляді світлих плям круглої чи овальної форми, з кристалічною поверхнею сріблястого чи світлого відтінку залежно від марки сталі та терміну утворення дефекту (рис. Г.13б та Г.13в). Флокени, які не заварилися під час подальшого обжимання заготовки, мають вигляд несучільностей різної величини та форми (рис. Г.13г та Г.13д). Флокени розташовано за довжиною та перерізом довільно.



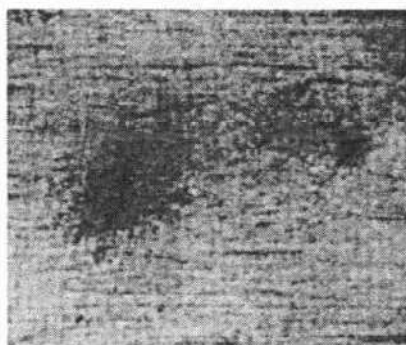
а



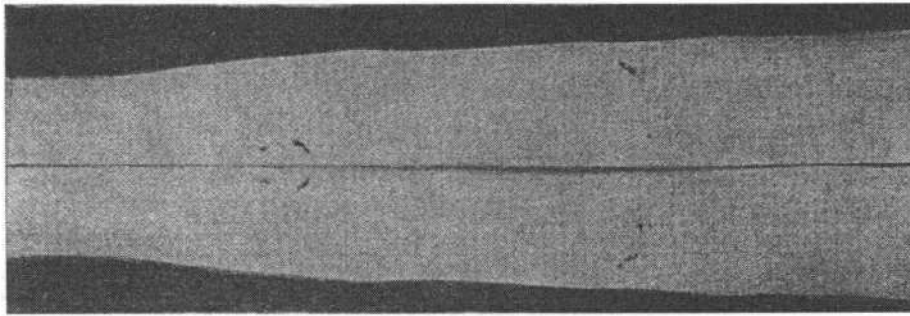
б



в — у сталі з вмістом вуглецю 1 %



г — флокени, що не заварилися, у поздовжньому макротемплеті



д — флокени, що не заварилися, у загартованому зламі

Рисунок Г.13 — Флокени

Г.2.5 Білі плями

Чужорідні, розташовані групами, металеві включення з характерною різкою структурною неоднорідністю (рисунок Г.14). Від основного металу відрізняються макро- та мікроструктурою, твердістю, хімічним складом (за вуглецем та легувальними елементами). Зустрічаються в зливках, прибуткова частина яких засипається термітом, збагаченим окисною.

Білі плями не треба змішувати зі світлими кірочками та чужорідними випадковими включеннями.

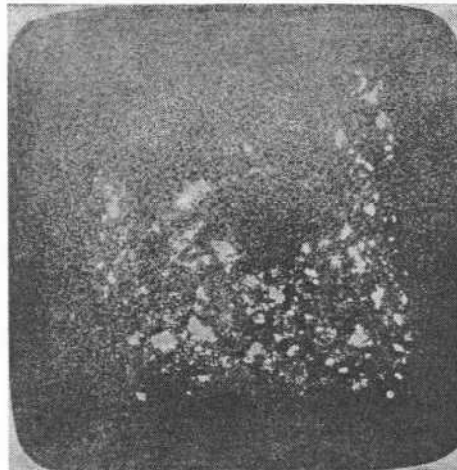


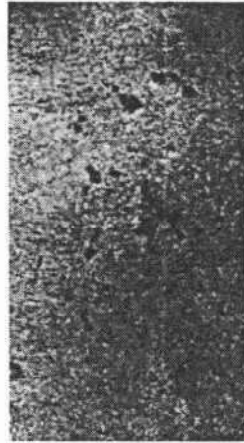
Рисунок Г.14 — Білі плями

Г.2.6 Чужорідні металеві та шлакові включення

Одиничні шматочки, що випадково потрапили у зливки, нерозчинених феросплавів, часточок окисненого металу, шлаку, бурульок, дужок, вогнетривів, «корони» тощо. Мають різні з основним металом травленість, хімічний склад, мікроструктуру та твердість (рис. Г.15а, Г.15б, Г.15в та Г.15г). Іноді виявляють у зламі.



а — від фероніобію



б – шлак



в — бурульки

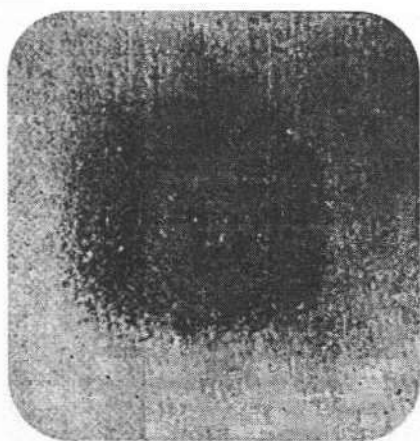


г — «корона»

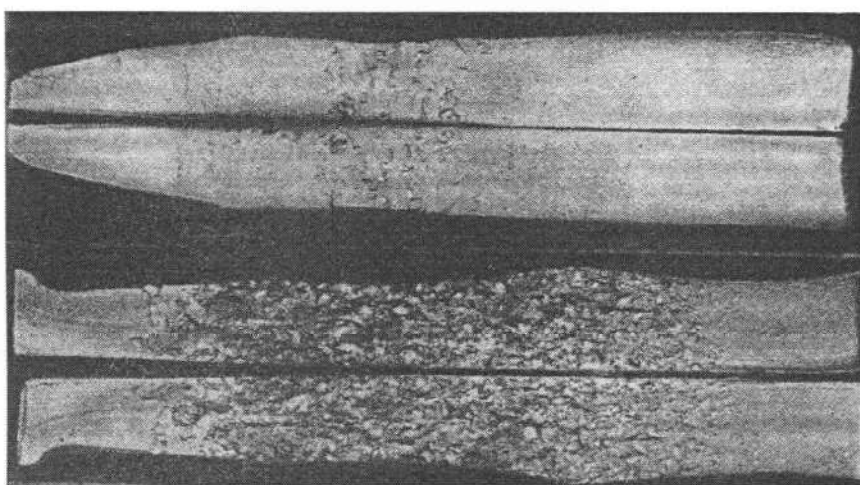
Рисунок Г.15 — Чужорідні металеві та шлакові включення

Г.2.7 Чорновини

Тріщини чи надриви у вигляді пухкої, сильно травленої внутрішньої зони або окремих темних плям, часто супроводжуються однією чи двома тріщинами-розривинами, розташованими паралельно до граней зливка (рис. Г.16а). У поздовжньому зламі виявляють у вигляді порушення суцільності металу — пухкості; у разі низького ступеня розвитку — у вигляді смуг з крупнозернистою структурою та надривами (рис. Г.16б). Дефекти перепалення під час нагрівання та руйнування під час деформації внутрішньої зони заготовок.



а



б

Рисунок 16 — Чорновини (тріщини, надриви)

Г.2.8 Шпаківні

Порожнечі, дірки різної величини та форми, частіше поодинокі за довжиною розкочування зливка. Утворюються розкриттям та неповним заварюванням внутрішніх поперечних термічних тріщин (рис. Г.17). Під час оглядання поверхні заготовок можуть не виявлятися.

Додатковою характеристикою є відсутність ліквациї вуглецю, сірки, фосфору, а також неметалевих включень навколо дефекту.

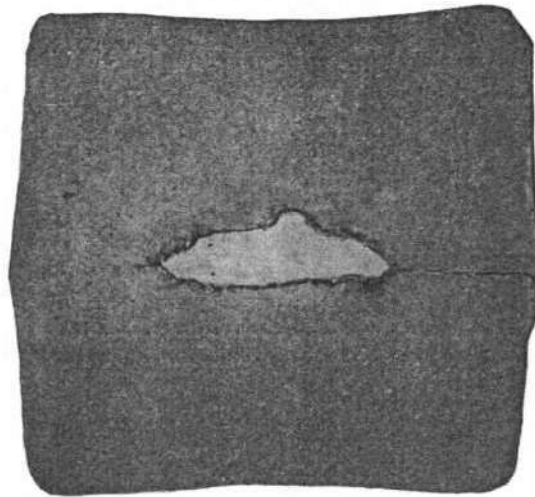


Рисунок Г.17 — Шпаківня

Г.2.9 Внутрішні розривини

Численні поперечні надриви, розташовані ланцюжком уздовж осі заготовки (рисунок Г.18). Відрізняються від шпаківень меншими розмірами, більшою кількістю, звивистим контуром та кристалічною структурою поверхні руйнування. Утворюються в разі недостатнього тиску для деформації всередині зливка, характерні для сталі з високим опором деформації та низькою швидкістю рекристалізації.

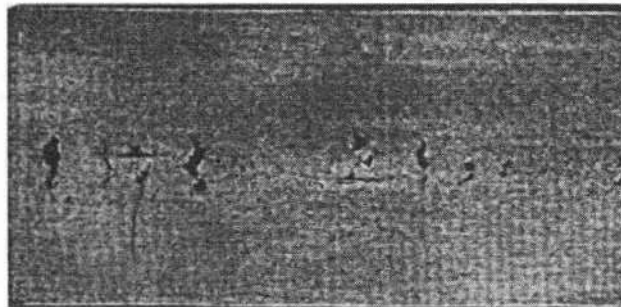


Рисунок Г.18 — Внутрішні розривини

Г.2.10 Кувальні тріщини

Дефект усередині осьової зони. Можуть бути у вигляді хреста, однієї тріщини по діагоналі, двох чи більше тріщин, спрямованих від осі заготовки в сторони (рис. Г.19). На відміну від міжкристалітних тріщин — ширші та прямолінійніші. Розташування за висотою зливка довільне. У зламі мають вигляд грубих широких окислених розшарувань.

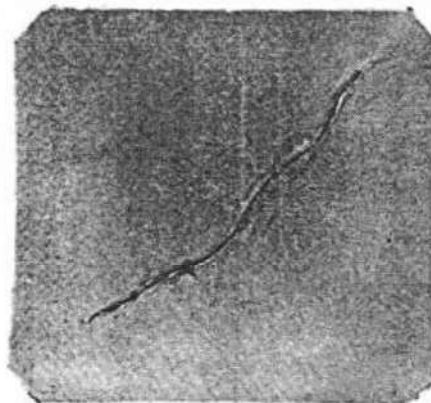


Рисунок Г.19 — Кувальні тріщини

Г.2.11 Тріщини

Дефекти, утворювані в разі порушення умов готування зразків (під час оцінювання макроструктури до уваги не беруть).

Г.2.11.1 Шліфувальні тріщини

Сітка тріщин чи окремі тонкі тріщини різного напрямку та довжини. Утворюються під час шліфування металу високої твердості (понад 388 НВ), суттєвої крихкості та невеликої теплопровідності.

Г.2.11.2 Травильні тріщини

Підвищене локальне розтравлення у вигляді переривчастих тріщин, іноді у вигляді сітки, утворених під час травлення металу, що мав напруження від структурних перетворень чи наклеп від деформації.

Г.2.11.3 Шліфувально-травильні тріщини

Локальне розтравлення металу, який має тріщини після шліфування (рисунок Г.20).

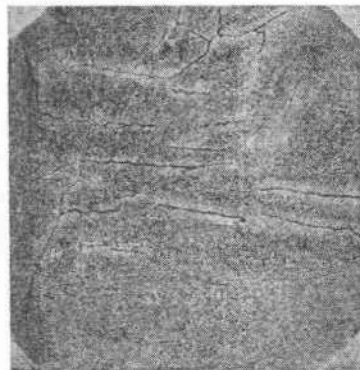


Рисунок Г.20 — Шліфувально-травильні тріщини

Г.2.12 Світле кільце чи квадрат

Виявляється в осевій зоні чи в межах половини радіуса заготовки. Форму обумовлено контуром кристалізатора. Порівняно зі світлою смугою (шкала № 10а) має більшу ширину та замкнутий контур (рис. Г.21). Різновидом дефекту є світла (сіра) пляма в осевій зоні підприбуткових заготовок.

Дефекти виявляються в разі недостатнього видалення верхньої частини зливків вакуумно-дугового чи електрошлакового переплавляння.

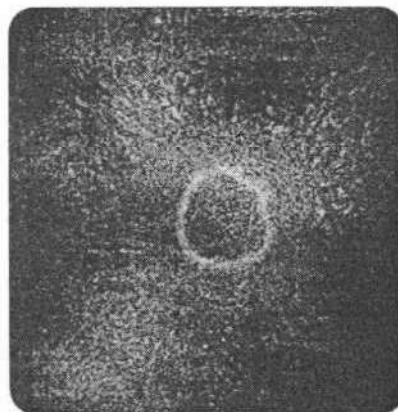


Рисунок Г.21 — Світле кільце

Г.2.13 Крайкове відшарування (подвійне наливання)

Смужка металу, яка відшаровується за всім контуром заготовки чи її частини (рис. Г.22). Утворюється через переривання струменя металу під час сифонного розливання, а також під час раптового збільшення швидкості розливання, що спричиняє заливання металу між зливком та виливницею.

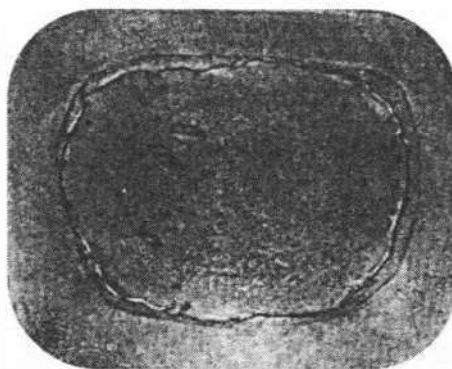
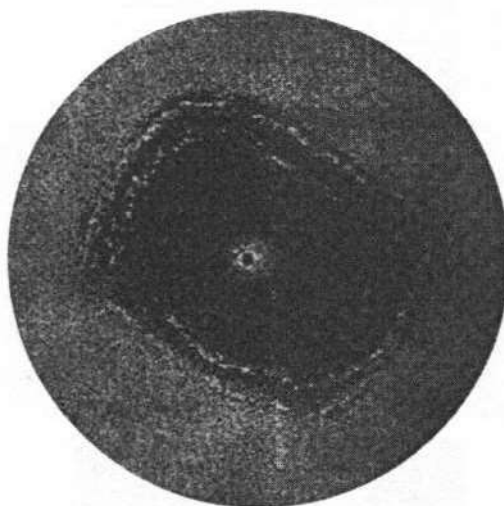


Рисунок Г.22 — Крайкове відшарування (подвійне наливання)

Г.2.14 Підвищена чи знижена травленість

Дефект осьової зони, а також окремих ділянок темплету, зумовлений умовами кристалізації та деформування зливка (рис. Г.23а), нерівномірним наклепом та рекристалізацією окремих ділянок заготовок, різнозернистістю (рис. Г.23б). Різниця у травленості зникає чи зменшується після високо-температурного оброблення металу.



а

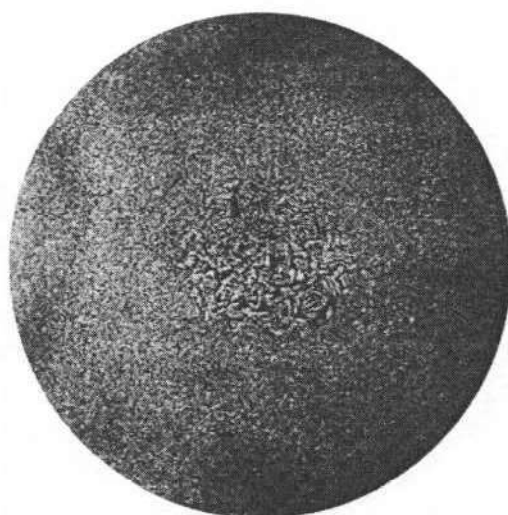


б

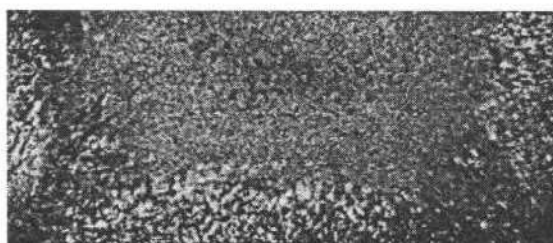
Рисунок Г.23 — Різнозернистість та різна травленість у разі наклепу металу

Г.2.15 Залишки литої структури

Дефект у центрі (рис. Г.24а) чи біля поверхні (рис. Г.24б) заготовок у вигляді чіткого рисунка дендритів чи великих кристалів, зерен.



а



б

Рисунок Г.24 — Залишки литої структури

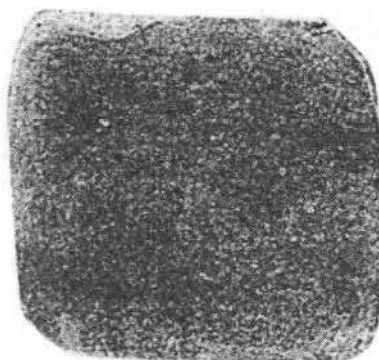
Г.2.16 Крайкові дефекти

Г.2.16.1 Ділянки підвищеної травленості металу, супроводжувані забрудненням неметалевими включеннями (рис. Г.25а), утворювані під час кристалізації зливків ВД, залишаються на поверхні заготовок у разі недостатньої глибини їх обдирання та зачищення.

Г.2.16.2 Ділянки зниженої травленості металу без видимого забруднення (рис. Г.25б), утворюються в разі порушення режиму кристалізації нижньої частини зливка та виявляються в заготовках у разі недостатнього обрізання цієї частини зливків ВД та ЕШ.

Г.2.16.3 Місцева груба неоднорідність (електропробій), супроводжувана газовими пузирями, свищами (рис. Г.25в) чи спотворенням форми інших дефектів (рис. Г.25г). В останньому випадку — у разі порушення послідовності кристалізації. Дефекти утворюються внаслідок порушення суцільності шлакового гарнісажу в разі електропробіів під час електрошлакового переплавляння. Рекомендовано додаткове контролювання зразка з поздовжнім напрямком волокна.

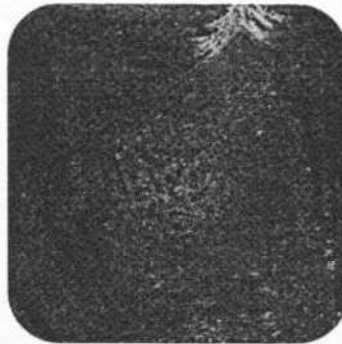
Г.2.16.4 Кутові тріщини у вигляді однієї чи більше вузьких смуг, розташовані в кутових зонах заготовки чи трохи зміщені на одну з граней (рис. Г.25д). Утворюються в разі порушення умов розкислення та розливання металу, у разі неправильного заокруглення кутів виливниці тощо.



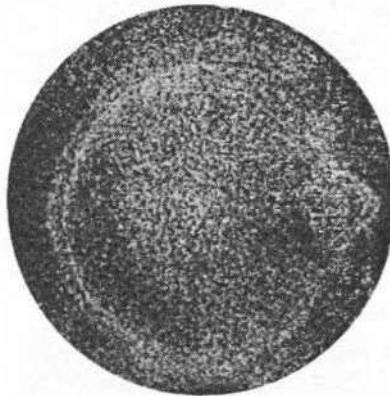
а — ділянки підвищеної травленості з неметалевими включеннями



б — ділянки зниженої травленості без видимого забруднення



в — місцева груба неоднорідність (електропробій)



г



д

Рисунок Г.25 — Крайкові дефекти

ДОДАТОК Д
(обов'язковий)**КОНТРОЛЮВАННЯ ХІМІЧНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ СТАЛІ
МЕТОДОМ ВІДБИТКІВ****Д.1 Метод сірчаного відбитка (за Бауманом)**

Д.1.1 Для зняття відбитка на розподіл сірки в металі темплети після відпалу, стругання чи торцювання шліфують до видалення рисок від попереднього оброблення та полірують шкурками № 12 та № 8 згідно із чинним нормативним документом. Зразки ретельно протирають від пилу та масних плям (для знежирювання рекомендовано застосовувати денатурований спирт).

Д.1.2 Для зняття відбитків з високосірчаних (автоматних) сталей темплети заздалегідь протирають ватним тампоном, змоченим у 5-відсотковому розчині сірчаної кислоти згідно із чинним нормативним документом. При цьому видаляють продукти первинної реакції.

Д.1.3 Відбитки знімають на фотопапір, який відповідає розмірам темплету. Листи фотопаперу замочують упродовж (5—8) хв у світлому приміщенні у 5-відсотковому розчині сірчаної кислоти (згідно із чинним нормативним документом). Від надлишку розчину папір трохи просушують фільтрувальним папером та накладають емульсійним боком на поверхню темплету. Із зворотного боку, не допускаючи зсуву, фотопапір безперервно прогладжують гумовим валиком чи ватним тампоном до повного видалення пазирів газу, утворених під час реакції.

Відбитки знімають за температури приблизно 20 °С упродовж (3—15) хв залежно від легування сталі та вмісту в ній сірки. Відбиток вважають готовим у разі потемніння фотопаперу від світло-коричневого (на легованій сталі з низьким умістом сірки) до темно-коричневого кольору (на вуглецевій сталі з підвищеним умістом сірки, а також фосфору). У місцях скупчення сірчаних включень потемніння фотопаперу буде максимальним відповідно до кількості утвореного сірчаного срібла.

Д.1.4 Готовий відбиток ретельно промивають у проточній воді та обробляють фіксажем упродовж (20—30) хв (розчин тіосульфату натрію). Потім його знову промивають, просушують і підписують.

Д.1.5 Для зняття повторного відбитка поверхню зразка шліфують до зняття шару металу не менше ніж на 0,3 мм.

Д.2 Метод виявлення наявності та скупчення свинцю (за Вреггом)

Д.2.1 Площину темплету шліфують, знежирюють та опускають у 10-відсотковий розчин надсірчано-кислого амонію. Темплет витримують до появи сірого забарвлення, промивають у проточній воді до видалення сірого наліту та висушують. Фотопапір для видалення солей срібла замочують у темряві в тіосульфаті натрію. Через (7—10) хв папір виймають, промивають у проточній воді та висушують. Перед зняттям відбитка підготовлений фотопапір замочують упродовж (5—7) хв у 5-відсотковому водному розчині їдкого натрію (натрій гідрат окису), трохи просушують фільтрувальним папером та накладають на зразок емульсійним боком. Протирання ватним тампоном упродовж 5 хв забезпечує щільний контакт фотопаперу з поверхнею зразка (не допускаючи його зсуву).

Д.2.2 Готовий відбиток занурюють на (5—10) с у 5-відсотковий розчин сульфиду натрію (натрій сірчаний). Відбиток промивають, висушують, підписують за потреби, фотографують. За наявності в сталі свинцю відбиток набуває світло-коричневого кольору з темними плямами в місцях ліквідації. За відсутності свинцю колір паперу не змінюється. Для зняття повторного відбитка поверхню зразка готують знову.

Д.2.3 Оцінювання отриманих відбитків (методами Д.1 та Д.2) проводять, порівнюючи еталони виробника чи описом із вказівкою форми розподілу сірки та свинцю. Наприклад, рівномірна чи нерівномірна форма суцільного квадрата або контура; в осьовій чи крайковій зоні тощо.