

4. Схемы структур по образцам и зонам.
5. Выводы с объяснением экспериментальных результатов в соответствии с целью работы.
6. Ответы на контрольные вопросы (устно).

6. Контрольные вопросы

1. Какая химико-термическая обработка называется цементацией?
2. Какова цель цементации?
3. Какие стали подвергают цементации?
4. При каких температурах ведут цементацию и почему?
5. Назовите разновидности цементации в зависимости от агрегатного состояния внешней среды для цементации?
6. Перечислите достоинство газовой цементации?
7. Какие основные процессы протекают при цементации?
8. Что принимают за техническую глубину цементации?
9. Почему после цементации необходима термическая обработка?
10. Что такое закалка ТВЧ?
11. Как влияют частота тока и время пропускания тока на результаты закалки ТВЧ?
12. Какие стали можно подвергать закалке ТВЧ?
13. Будут ли отличаться структуры в центре образцов № 1, 2 и 3?

Лабораторная работа № 15

Структура инструментальных сталей

1. Цель работы

- Изучить микроструктуру инструментальных сталей У12 и Р18 в различных состояниях.
- Установить общие черты и различия в структуре углеродистой и высоколегированной инструментальных сталей.

2. Краткая теоретическая часть

Инструментальными сталями называют углеродистые и легированные стали, обладающие хорошими служебными свойствами: высокой твердостью (60–65 HRC₃), прочностью и износостойкостью и применяемые для изготовления различного инструмента: режущего, измерительного и штампового. Одной из главных характеристик инструментальных сталей является *теплостойкость* (или *красностойкость*) т. е. способность стали сохранять высокую твердость при нагреве (устойчивость против отпуска при нагреве инструмента в процессе работы). По теплостойкости все инструментальные стали делятся на три группы: нетеплостойкие, полутеплостойкие, теплостойкие.

Нетеплостойкими являются углеродистые и низколегированные высокоуглеродистые стали типа У8, У10А, У12, ХВ4, ХВГ и др., содержащие до 3–4 % легирующих элементов. Данные стали после закалки имеют высокую твердость и износостойкость в результате мартенситного превращения. При нагреве таких сталей после закалки до 200–300 °С основное количество углерода выделяется из мартенсита и начинается коагуляция карбидов цементитного типа. В результате сталь теряет твердость, износостойкость.

Полутеплостойкими являются средне – и высоколегированные (в основном хромом) стали: Х12Ф1, Х12, 9Х5Ф, 5ХНВ, 5ХГМ и др. Твердость этих сталей достигается закалкой на мартенсит. Однако при отпуске также образуется цементит (более легированный) и специальные карбиды, благодаря чему сталь сохраняет повышенную твердость до 300 – 500 °С.

Теплостойкими являются высоколегированные стали Р12, Р18, Р6М5 и др., которые приобретают большую твердость (60 – 65 HRC₃) в результате: а) мартенситного превращения при закалке и

б) дисперсионного твердения при высоком отпуске (500 – 625 °С) за счет выделения дисперсных фаз-упрочнителей. Этими фазами являются сложные карбиды вольфрама, молибдена, ванадия. Такие стали относятся к ледебуритному классу и получили название *быстрорежущих*.*

На рис. 3 представлены кривые изменения твердости в зависимости от температуры отпуска нетеплостойкой стали У12 (1,2 % С), полутеплостойкой стали Х12Ф1 (1,3 % С, 12 % Cr, 1 % V) и теплостойкой стали Р18 (0,8 % С, 18 % W, 0,7 % Мо, 4 % Cr, 1,2 % V).

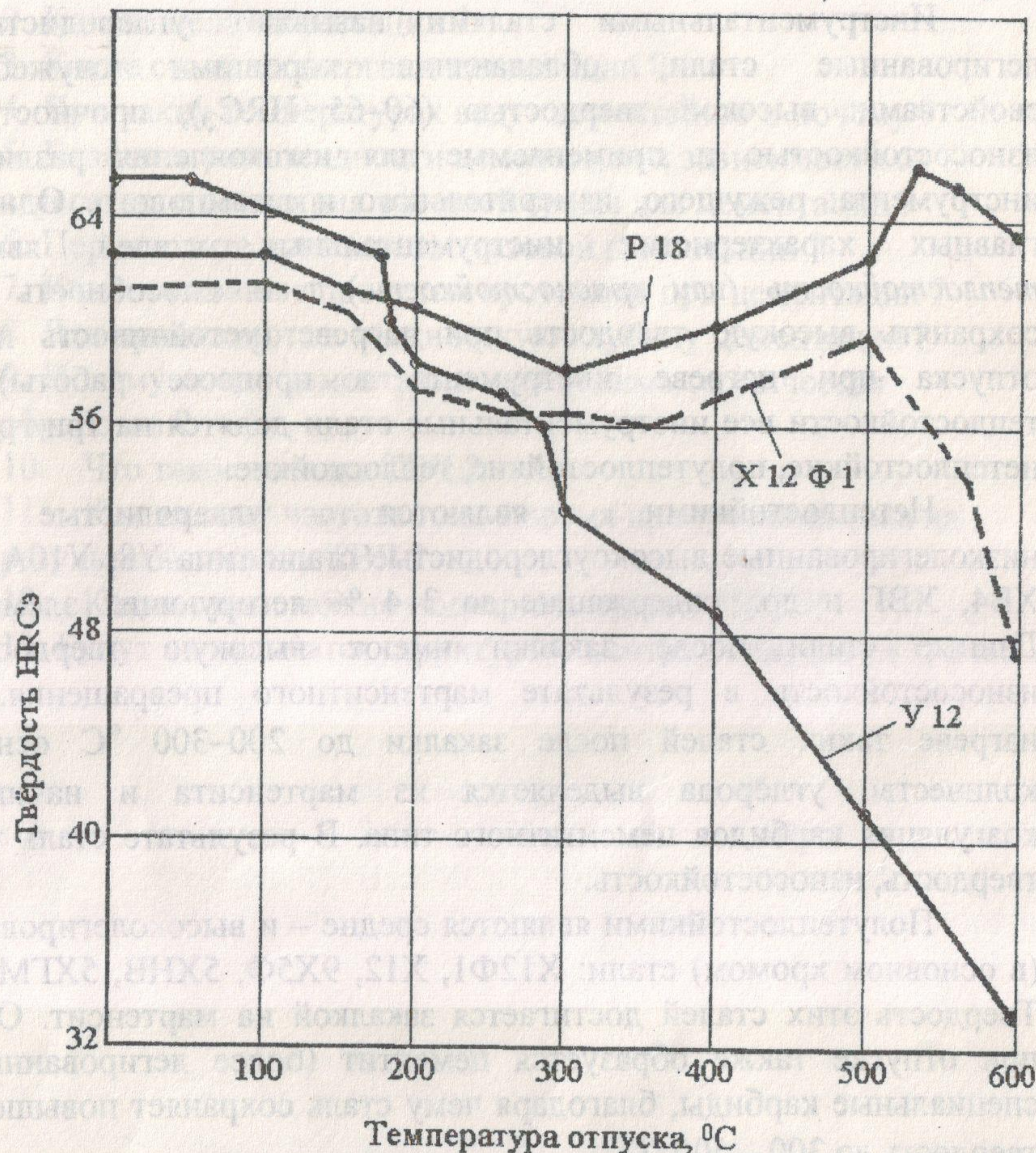


Рис. 3. Изменение твердости инструментальных сталей в зависимости от температуры отпуска

* Для быстрорежущих сталей принято применять термин «красностойкость» вместо «теплостойкость».

Кроме служебных свойств для инструментальных сталей большое значение имеют технологические свойства: прокаливаемость, малые объемные изменения при закалке, обрабатываемость давлением, резанием, шлифуемость и др.

Маркировка инструментальных сталей. Углеродистые инструментальные стали маркируют буквой «У» (углеродистая); следующая за ней цифра (У8, У10, У12 и т. д.) показывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Буква «А» в конце (У10А) указывает, что сталь высококачественная.

Легированные инструментальные стали Х, 9Х, 9ХС, 6ХВГ и т. д. маркируют цифрой, показывающей среднее содержание углерода в десятых долях процента, если его содержание <1 %. Если содержание углерода ~1 % и более, то цифра чаще отсутствует. Буквы означают легирующие элементы, а следующие за ними цифры – содержание (в целых процентах) соответствующего элемента.

Быстрорежущие стали маркируют буквой «Р» («рапид» – скорость). Следующая за ней цифра указывает среднее содержание главного легирующего элемента быстрорежущей стали – вольфрама (в процентах). Среднее содержание (в процентах) молибдена, кобальта и ванадия в стали обозначают цифрой, проставленной, соответственно, за буквой «М», «К» и «Ф». Среднее содержание хрома в большинстве быстрорежущих сталей составляет 4 % и поэтому в обозначении марки стали не указывается.

В данной работе изучается строение углеродистой стали У12 и быстрорежущей стали Р18 после различных технологических операций. Состав исследуемых сталей приведен ранее на стр. 14.

Структура стали У12. В литом состоянии структура стали состоит из зерен грубого пластинчатого перлита, окруженных цементитной сеткой. Наличие цементитной сетки делает сталь хрупкой, поэтому грубые выделения цементита раздробляются путем пластической деформации.

Для улучшения обрабатываемости резанием сталь отжигают, при этом пластинчатый перлит становится зернистым. В этом состоянии в структуре стали имеется феррит с большим числом мелких округлых включений цементита. Наряду с мелкими зернами цементита имеется небольшое число более крупных частиц

цементита – это раздробленный при горячей деформации вторичный цементит.

Структура зернистого перлита наиболее благоприятна с точки зрения обрабатываемости резанием, а также для последующей термической обработки-закалки.

В закаленном состоянии сталь состоит из мартенсита, остаточного аустенита и вторичного цементита. Для снятия внутренних напряжений и превращения остаточного аустенита в мартенсит инструмент подвергается низкому отпуску.

После окончательной термообработки структура стали состоит из отпущенного мартенсита и вторичного цементита. Такое структурное состояние обеспечивает высокую твердость и износостойкость и хорошие режущие свойства при небольших скоростях резания.

Структура стали P18. Основным легирующими элементами быстрорежущей стали являются хром и вольфрам – оба активные карбидообразующие элементы. Красностойкость быстрорежущей стали создается именно этими элементами. Количество карбидообразующих элементов таково, что они связывают почти весь углерод в специальные карбиды типа Me_6C .

Процесс кристаллизации P18 завершается образованием ледебуритной эвтектики. После окончания кристаллизации быстрорежущая сталь состоит из аустенита и ледебурита и имеет структуру аналогичную белому чугуно. Эвтектика высоковольфрамовых сплавов имеет скелетное строение. При дальнейшем охлаждении из аустенита выделяются вторичные карбиды, а затем происходит эфtekтоидный распад аустенита на феррит и карбиды.

Таким образом, в структуре литой стали P18 при комнатной температуре находятся перлит, вторичные карбиды и ледебурит.

Для раздробления крупных карбидов эвтектики быстрорежущую сталь проковывают. Послековки и последующего отжига структура стали состоит из сорбитоподобного зернистого эвтектоида, на фоне которого видны крупные вторичные карбиды и еще более крупные первичные карбиды, полученные путем дробления ледебурита.

Окончательными операциями термообработки являются закалка и отпуск. Эти операции у стали P18 имеют некоторые особенности:

1. С целью растворения в аустените максимального количества вторичных карбидов, нагрев под закалку проводят до очень высокой температуры – 1280 °C. При таком нагреве получается очень высоколегированный аустенит, который закаливается даже при охлаждении на воздухе.

В закаленном состоянии сталь состоит из мартенсита, первичных карбидов и остаточного аустенита, количество которого достигает 30 – 35 %.

2. Низкий отпуск быстрорежущей стали для более полного превращения остаточного аустенита в мартенсит проводят при температуре 560 °C трехкратно. После такого отпуска структура стали состоит из высоколегированного отпущенного мелкоигольчатого мартенсита и карбидов.

В таком состоянии сталь имеет твердость HRC_{Σ} 62 – 64, высокую износостойкость из-за наличия избыточных специальных карбидов и хорошую красностойкость, т. е. способность сохранять режущие свойства при нагревании благодаря высокой легированности мартенсита.

Режущий инструмент из быстрорежущей стали сохраняет режущие свойства при нагревании до 560 – 580 °C.

3. Необходимое оборудование и материалы

1. Микроскопы металлографические.
2. Коллекции микрошлифов.

Таблица 1

Характеристика образцов

Номер образца	Состояние	Сталь
1	Литое	У12
2	Деформированное и отожженное	У12
3	Закаленное	У12
4	Литое	P18
5	Деформированное и отожженное	P18
6	Закаленное	P18
7	Отпущенное	P18

4. Прядок проведения лабораторной работы и записи результатов эксперимента

При выполнении работы необходимо изучить структуру сталей У12 и Р18 в литом, деформированном и отожженном, закаленном и отпущенном состояниях на перечисленных выше образцах. Схемы структур зарисовать карандашом в квадратах размером 30 x 30 мм с указанием структурных составляющих и способа обработки образца.

5. Требования к отчету

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) Тему и цель работы;
- 2) Основные теоретические положения;
- 3) Рисунки;
- 4) Схемы структур;
- 5) Выводы с объяснением экспериментальных результатов в соответствии с целью работы;
- 6) Ответы на контрольные вопросы (устно).

6. Контрольные вопросы

1. Каким служебным свойствами должны обладать инструментальные стали?
2. Что такое теплостойкость (или красностойкость) инструментальных сталей?
3. На какие группы по теплостойкости делят все инструментальные стали?
4. Что обеспечивает высокую теплостойкость (красностойкость) инструментальных сталей?
5. Как маркируют инструментальные стали?
6. Чем отличаются химический состав сталей У12 и Р18?
7. Каковы особенности структуры сталей У12 и Р18 после литья, после деформации и отжига литого образца, после закалки, после закалки и отпуска?
8. С какой целью литые заготовки инструментальной стали подвергают деформации и отжигу?

9. С какой целью инструментальные стали подвергают закалке и отпуску?

10. Чем отличается мартенсит и карбиды быстрорежущей стали от аналогичных фаз углеродистой инструментальной стали.

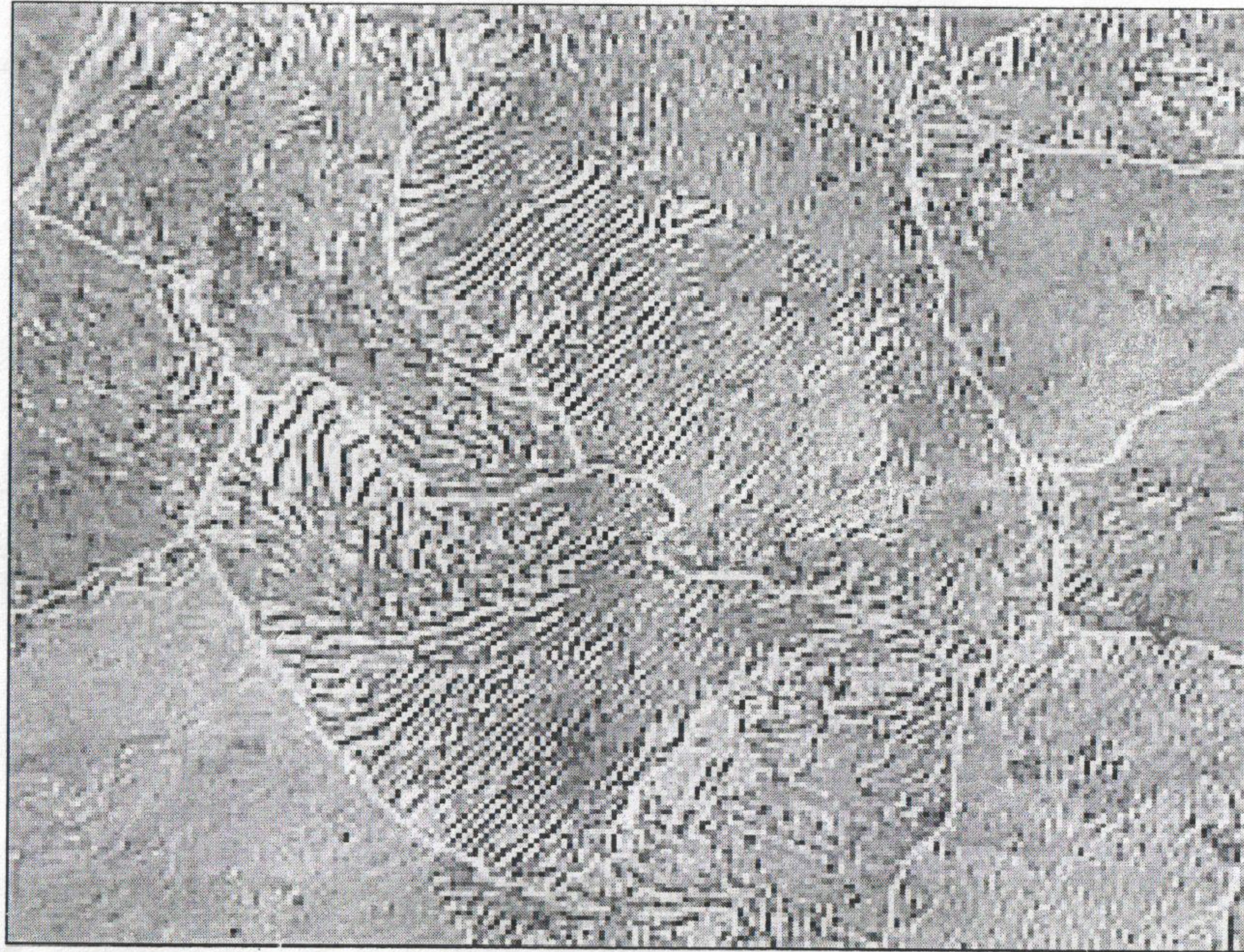
11. Почему температура нагрева под закалку стали Р18 выше, чем у стали У12?

12. С какой целью закаленную быстрорежущую сталь Р18 подвергают трехкратному отпуску?

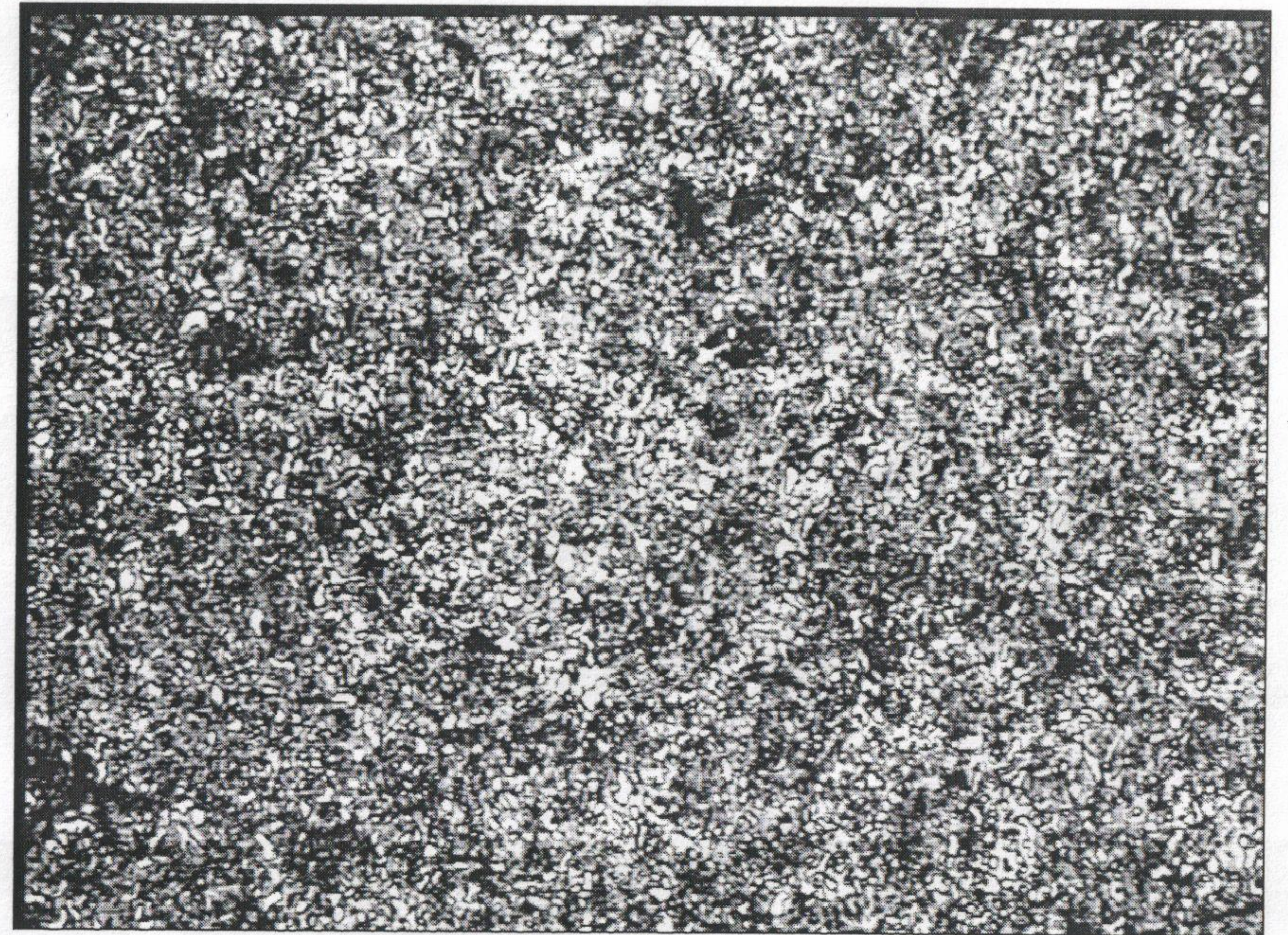
13. Почему красностойкость стали Р18 выше, чем стали У12?

АЛЬБОМ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №15.
СТРУКТУРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ.

СТАЛЬ У12.

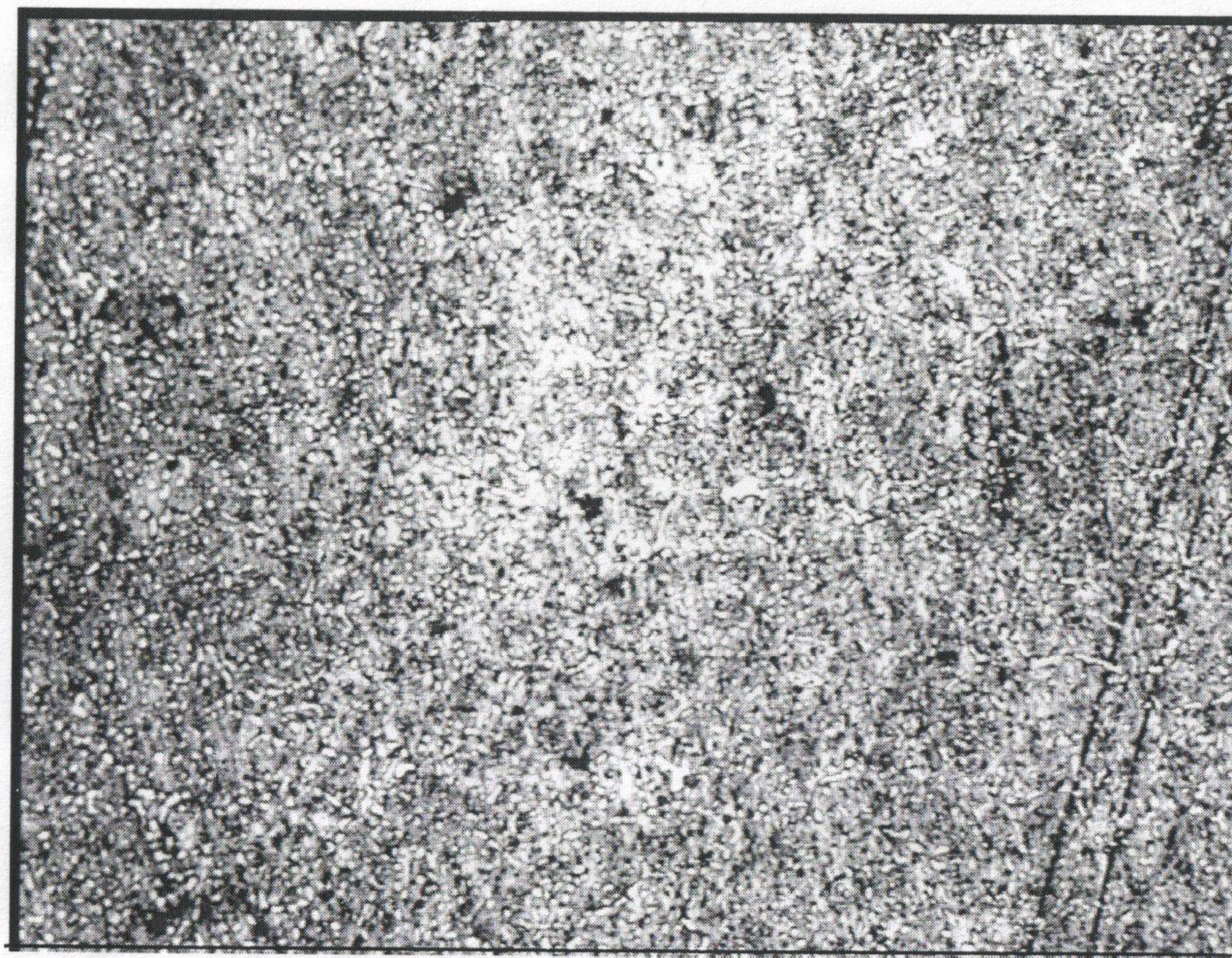


**ШЛИФ №1.
ЛИТОЕ СОСТОЯНИЕ.
УВЕЛИЧЕНИЕ 1200X.**



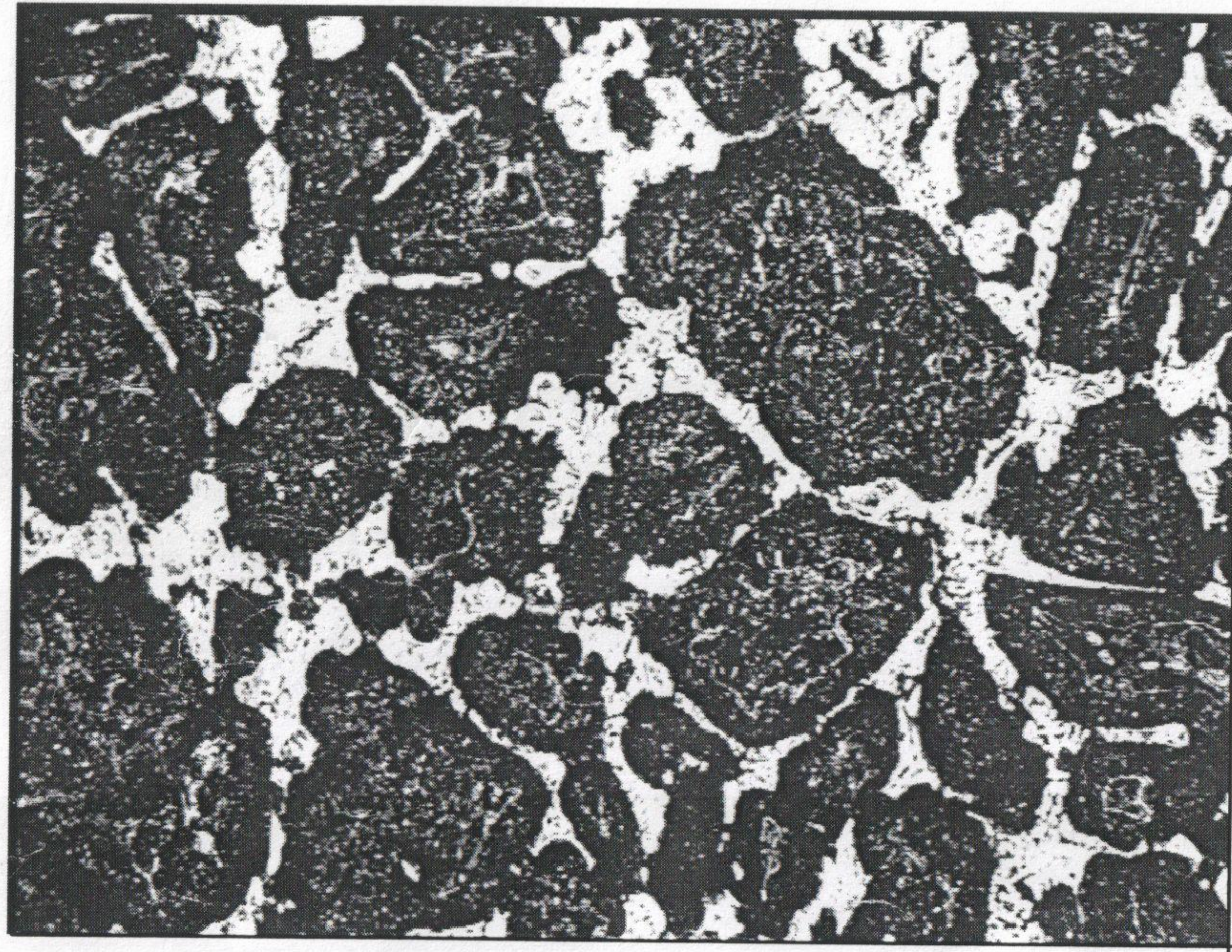
**ШЛИФ №2.
ДЕФОРМИРОВАННОЕ И ОТТОЖЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ.
УВЕЛИЧЕНИЕ 680X.**

СТАЛЬ У12.



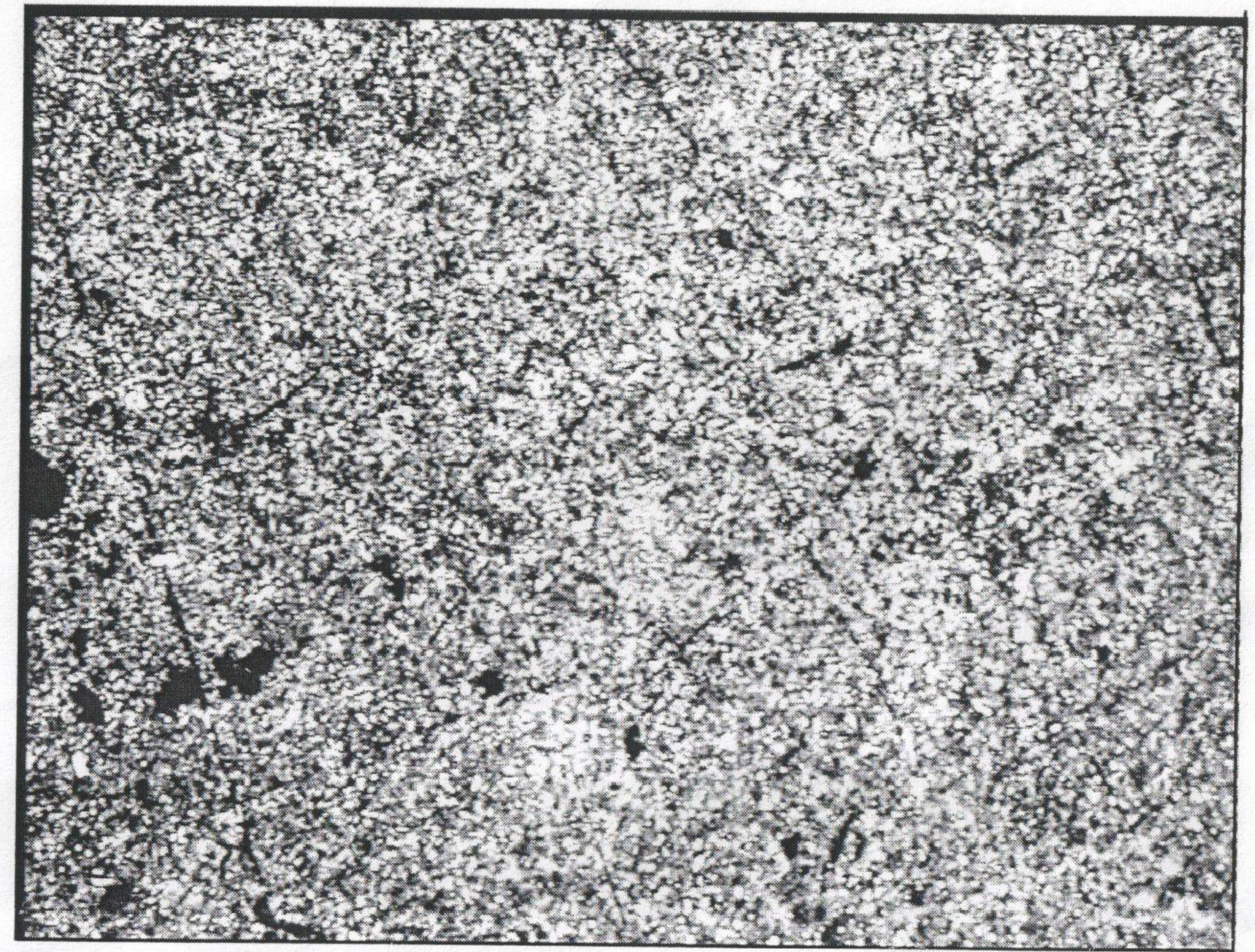
**ШЛИФ №3.
ЗАКАЛЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.
УВЕЛИЧЕНИЕ 680X.**

СТАЛЬ Р18.



ШЛИФ №4.

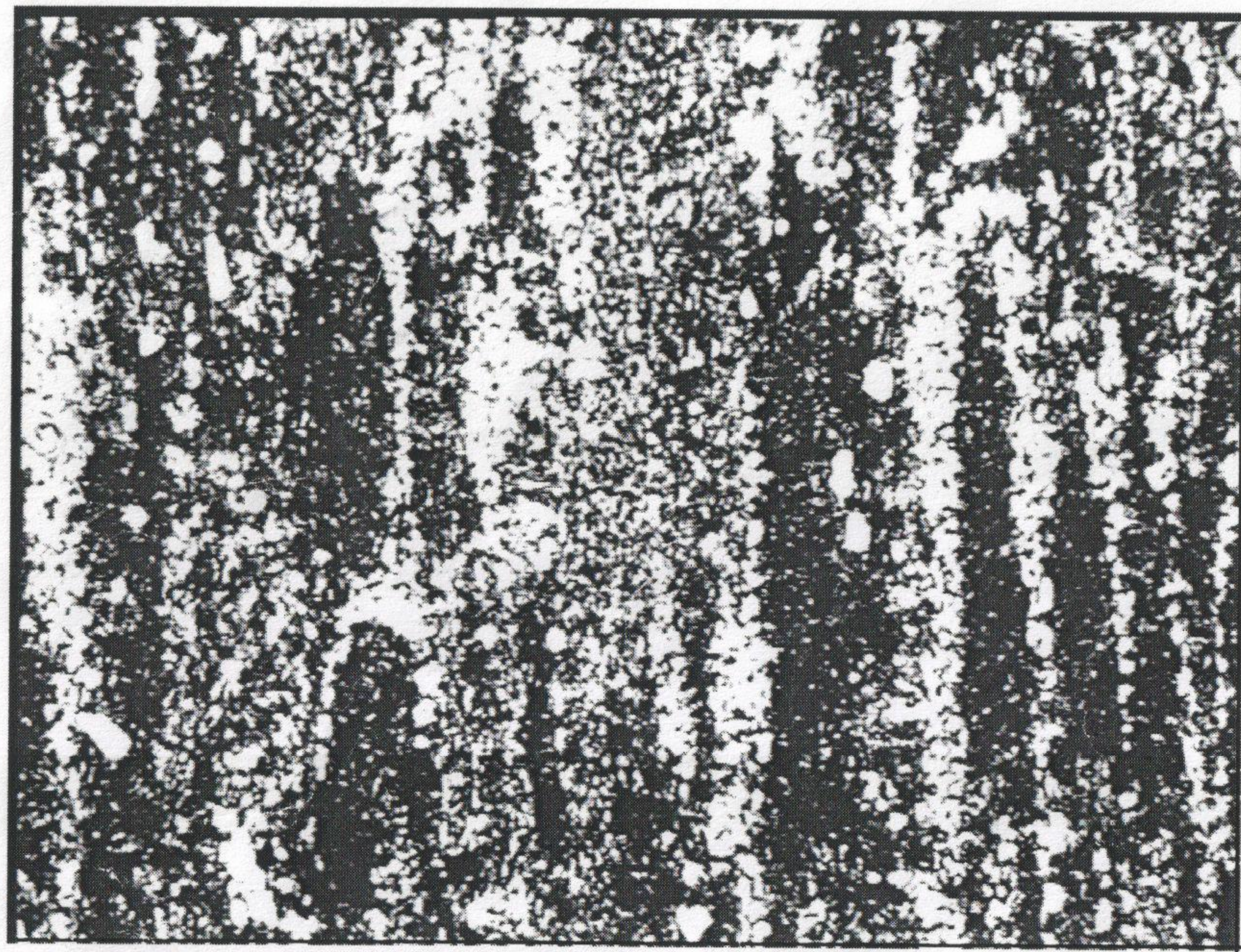
**ЛИТОЕ СОСТОЯНИЕ.
УВЕЛИЧЕНИЕ 680Х.**



ШЛИФ №5.

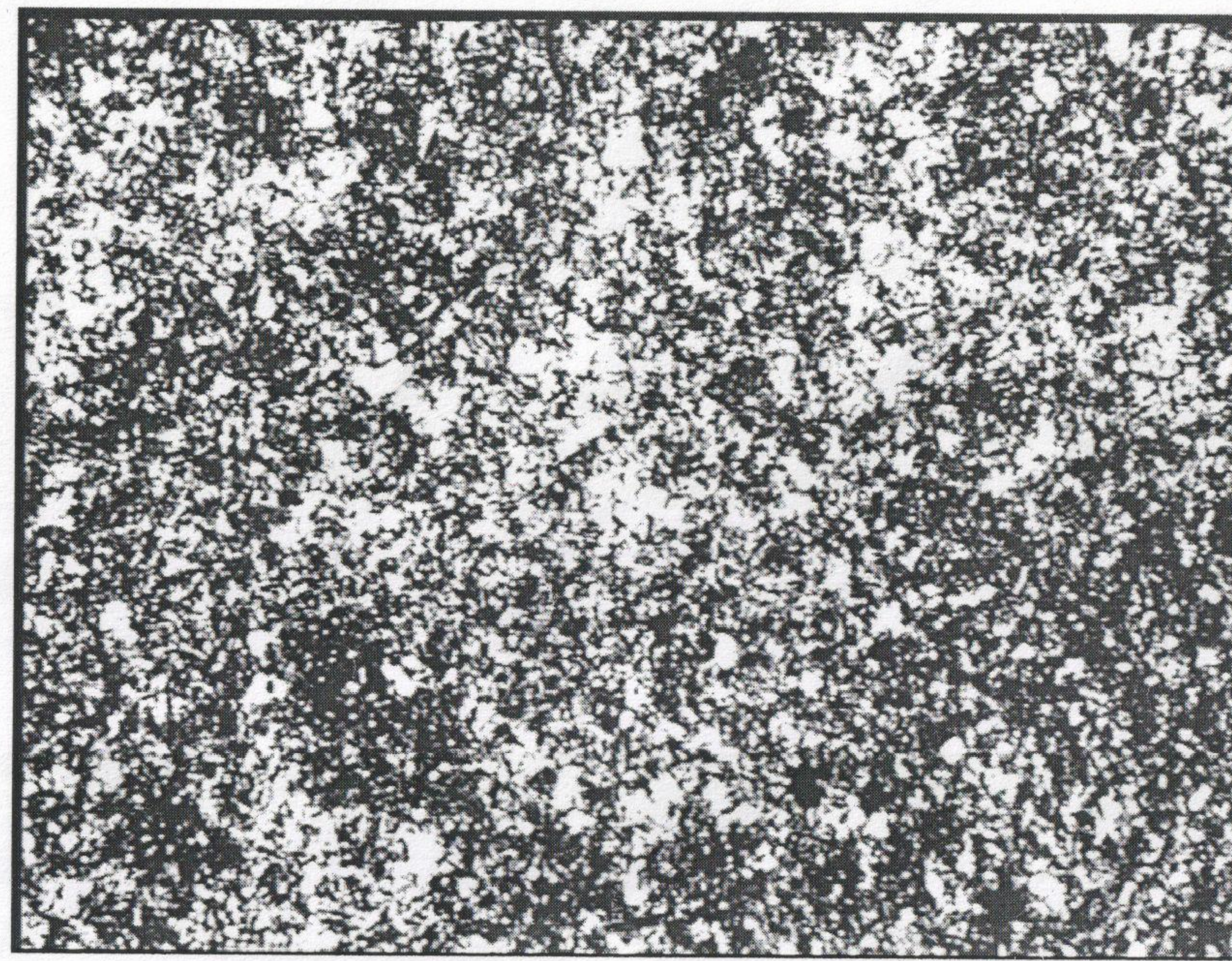
**ДЕФОРМИРОВАННОЕ И ОТТОЖЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ.
УВЕЛИЧЕНИЕ 680Х.**

СТАЛЬ Р18.



ШЛИФ №6.

**ЗАКАЛЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.
УВЕЛИЧЕНИЕ 680X.**



ШЛИФ №7.

**ОТПУЩЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.
УВЕЛИЧЕНИЕ 680X.**