

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. МАКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

Цель работы:

- освоить методику проведения макроструктурного анализа;
- исследовать макроструктуру деталей и заготовок, полученных различными технологическими способами.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Внутреннее строение металлов и сплавов носит название структуры металла. От структуры зависят свойства металлических материалов. Структура материала определяется многими факторами: химическим составом, типом кристаллической решетки, технологией изготовления, термической и другими видами окончательной обработки.

Определить структуру материала можно методами металлографического анализа. Структура материала может быть охарактеризована как макроструктура и микроструктура. Метод металлографического анализа, изучающий макроструктуру, называется **макроструктурным анализом**.

Макроструктура – внутреннее строение материала, которое может быть изучено невооруженным глазом либо при увеличении до 50 раз.

Изучение макроструктуры проводят на специально подготовленной поверхности всей детали или образца, которая называется макрошлифом. Образцы для исследований вырезаются в определенном месте и в определенной плоскости в зависимости от того, что подвергают исследованию – отливку, поковку, прокат, штамповку, термически обработанную или сварную деталь. Образец для макроанализа называется **темplet**.

Подготовка макрошлифа заключается в следующем: поверхность детали или темплета зачищается на станке и шлифуется шлифовальной бумагой различных номеров. Шлифование производится последовательно, начиная с более крупного абразивного зерна бумаги. При шлифовании

образец каждый раз при переходе от одного номера бумаги к другому поворачивают на 90°. Шлифование в одном направлении ведут до тех пор, пока не исчезнут риски от предыдущего номера бумаги.

После изготовления макрошлифа поверхность образца промывают и подвергают травлению специальными реактивами для выявления макроструктуры. В качестве травителей для многих марок стали применяют горячий (60-80°C) 50-процентный раствор соляной кислоты (HCL). Травление проводят в течение 5-45 минут до четкого выявления макроструктуры. Травят шлифы в специальных подогреваемых ваннах, установленных в вытяжном шкафу.

Таблица 1.1

Реактивы для травления микрошлифов

Для глубокого травления		Для поверхностного травления	
Сплавы	Состав реактива	Сплавы	Состав реактива
Стали всех составов, кроме коррозионностойких и нержавеющей	HCl 100 мл, вода 100 мл 60-80°C	Стали всех составов	Реактив Гейне: NH ₄ Cl 53 г, CuCl ₂ 85 г, вода 100 мл
Коррозионностойкие и жаропрочные стали и сплавы	вода 100 мл, H ₂ SO ₄ 7 мл, CuSO ₄ 20 г 20°C	Сплавы меди	FeCl ₃ 10 г, HCl 30 мл, вода 120 мл
		Сплавы алюминия	HCl 40 мл, HNO ₃ 40 мл

С помощью макроструктурного анализа изучают:

Дефекты, нарушающие сплошность металла – усадочные раковины, усадочные рыхлости, пузыри, пустоты, трещины в литом металле; трещины и закаты в кованном и катанном металле, газовые пузыри в сварных швах.

Усадочные раковины и усадочные рыхлости образуются из-за изменений объема металла в процессе кристаллизации. Объем жидкого металла всегда больше, поэтому при кристаллизации его не хватает для полного заполнения изложницы. Усадочная раковина образуется либо в

верхней части слитка, которая кристаллизуется в последнюю очередь, либо в самой широкой и толстой части отливки.

Газовые пузыри появляются из-за уменьшения растворимости газов в жидком металле с понижением температуры. Выходящие газы остаются в твердом металле в виде пустот характерной овальной формы.

Для выявления этих дефектов макрошлиф подвергают глубокому травлению в концентрированной соляной кислоте.

Строение литого сплава (выявление дендритной структуры). Этот вид макроанализа осуществляется методом глубокого травления.

Кристаллизация слитка в изложнице начинается на ее поверхности и протекает в условиях максимального переохлаждения. При этом образуется очень много зародышей твердой фазы и формируется мелкокристаллическая структура с равноосными, очень мелкими кристаллами. В следующей зоне степень переохлаждения меньше, зародышей меньше и растут они в направлении ускоренного отвода тепла, т.е. перпендикулярно стенке изложницы. Образуется зона столбчатых кристаллов. В центральной области слитка степень переохлаждения небольшая, отвод тепла через закристаллизовавшиеся зоны практически одинаков во всех направлениях, много примесей, которые могут служить центрами кристаллизации – там формируется зона равноосных кристаллов.

Объем, занимаемый различными зонами кристаллизации, зависит от состава сплава и характера отвода тепла от стенок изложницы. Если тепло отводится очень быстро (например, стенки изложницы охлаждаются водой) и слиток невелик, зона столбчатых кристаллов может занять весь объем слитка (явление транскристаллизации). Если же отвод тепла идет медленно, (например, утепленные стенки изложницы), зоны столбчатых кристаллов может вообще не быть, формируются только равноосные кристаллы, т.к. скорость охлаждения во все стороны одинакова.

Неоднородность строения, созданного обработкой давлением.

Зерна, дендриты, неметаллические включения в стали – сульфиды, оксиды, нитриды, различные шлаки и ликвационные участки, неоднородные по составу и структуре, при обработке давлением (прокатке, ковке, штамповке) частично дробятся и вытягиваются вдоль направления деформации, образуя продольную волокнистость металла (рис.1.2). Продольная волокнистость вызывает анизотропию (неоднородность) свойств вдоль и поперек волокна. Так, например, ударная вязкость поперек волокна в 3-4 раза выше, чем вдоль. Поэтому для обеспечения надежных свойств материала необходимо, чтобы волокна строго повторяли конфигурацию детали.

Ликвацию (химическую неоднородность) стали.

Такие примеси как сера и фосфор, часто распределяются неравномерно по объему металла и сосредотачиваются в отдельных его участках. Различают несколько видов ликвации:

внутридендритная – неравномерное распределение элементов по зерну (дендриту). Оси и межосные пространства дендрита имеют различный химический состав. К этому виду ликвации склонен углерод. Дендритную ликвацию можно устранить последующей термической обработкой слитков (диффузный отжиг);

зональная ликвация, при которой элементы располагаются неравномерно по сечению (зонам) слитка. Сера и фосфор накапливаются в центре слитка в виде сульфидов и фосфидов, т.е. там, где кристаллизация идет в последнюю очередь. Качественно места расположения (скопления) серы (сульфиды MnS , FeS) и фосфидов можно определить методом Баумана.

Глубину слоя, образованного при поверхностной обработке изделия (закалка ТВЧ, химико-термическая обработка).

Макроанализ дает возможность с достаточной точностью для производственных условий определить глубину поверхностного слоя после

обработки. Для этого изготовленный макрошлиф травят в 50%-ном водном растворе соляной кислоты при 80°C. Закаленный слой получает более темную окраску.

Макроструктуру стального сварного соединения. На макрошлифе при визуальном осмотре видны структура наплавленного металла шва, зона термического влияния (участки свариваемого металла, которые в процессе сварки подвергались тепловому воздействию, достаточному для изменения их структуры), а также заметны дефекты в виде пор, непроваров. Шов, зона термического влияния и основной металл имеют разную структуру и травятся по разному.

Поверхность излома.

Изломом называют поверхность, по которой произошло разрушение образца или детали. В зависимости от внутреннего строения материала и условий приложения нагрузки разрушение может происходить вязко или хрупко, поэтому изломы делятся на вязкие, хрупкие и смешанные.

Вязкий излом (волокнистый) имеет матовый серый цвет, отдельных кристаллов не различается, что не позволяет судить о форме и размерах зерна. Вязкому разрушению предшествует пластическая деформация, поэтому он имеет строение вытянутых волокон.

Хрупкий излом блестящий, кристаллический, с хорошо различимыми блестящими фасетками, которые образовались при разрушении путем скола. Хрупкий излом может быть мелкокристаллический и крупнокристаллический.

При *смешанном* изломе на поверхности разрушения встречаются элементы и вязкого и хрупкого изломов.

На поверхности изломов можно обнаружить различные внутренние дефекты, например флокены. Этот дефект образуется, главным образом, в хромоникелевой стали и весьма опасны. Основная природа образования флокенов – присутствие водорода в стали. При затвердевании и охлаждении

металла растворимость водорода в железе резко падает. Выделяющийся водород скапливается в микропорах, на границах кристаллов и это приводит к образованию тонких внутренних трещин овальной или круглой формы. На изломе они выглядят в виде белых хлопьевидных пятен

Метод макроанализа применяют для контроля металла. Оценку макроструктуры при контроле металла проводят визуально при сравнении ее с эталонами шкал макроструктур (ГОСТ 10243-75). В этом стандарте имеются 10 шкал. Каждая шкала состоит из пяти баллов. С увеличением размера и количества дефектов балл возрастает. Величину дефекта оценивают целыми баллами (2,0; 3,0) или половиной балла (1,5). Если дефекты отсутствуют, проставляют 0.

Возможные виды дефектов, которые оцениваются баллами:

- центральная пористость – мелкие пустоты, которые не заваривались при горячей деформации слитка;
- ликвация, распределение неметаллических включений;
- подкорковые пузыри, межкристаллитные трещины и т.д.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретическую часть (лекция 3, справочный материал лабораторной работы).
2. В соответствии с номером в таблице 1 выбрать вариант задания (фотографии макроструктуры).
3. Для выбранного по таблице варианта провести макроструктурный анализ следующих объектов:
 - литого металла с целью выявления и описания его макроструктуры;
 - детали, изготовленной методом ОМД.
4. Оформить отчет по лабораторной работе (порядок оформления отчета)

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для определения строения литого металла студент получает фотографии макроструктур (таблица 1). Необходимо внимательно изучить макроструктуру, обращая особое внимание на расположение зон кристаллизации, их размеры. Схематично зарисовать изображение литого строения, учитывая все особенности и указать в результате каких условий кристаллизации жидкого металла могла сформироваться подобная структура и объяснить, как эти условия повлияли на строение слитка и зон кристаллизации.
2. Для определения качества детали, изготовленной методом обработки металлов давлением (ОМД) изучить структуру детали по макрофотографии (таблица 1). Зарисовать структуру, сделать вывод о качестве обработки.

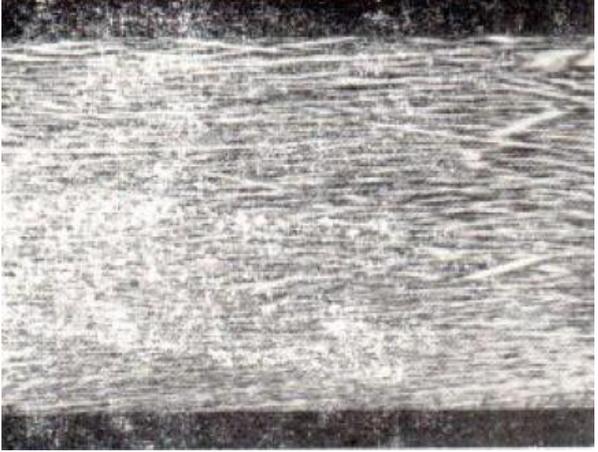
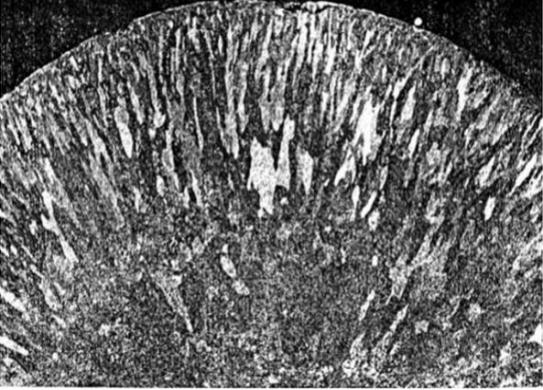
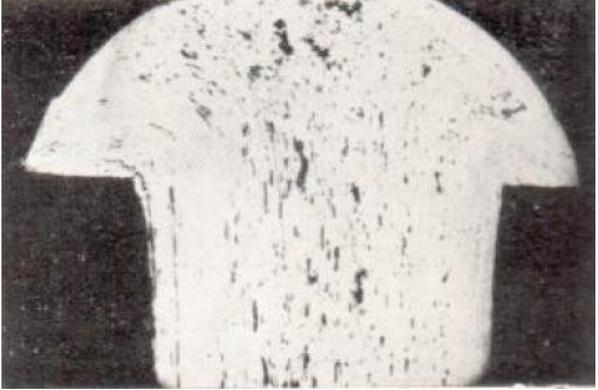
Порядок оформления отчета

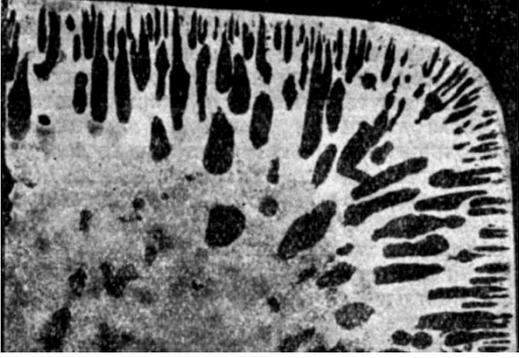
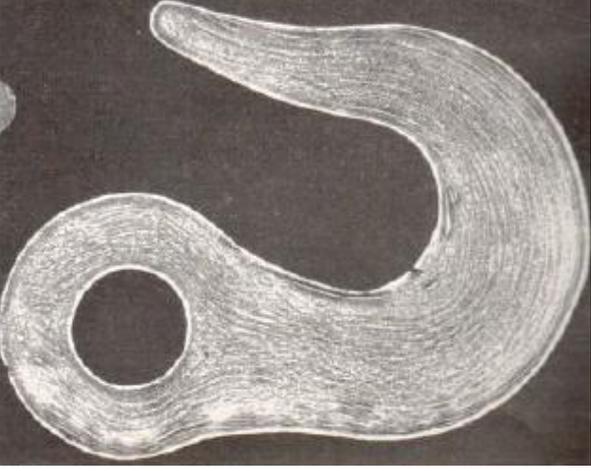
Отчет по данной работе должен содержать:

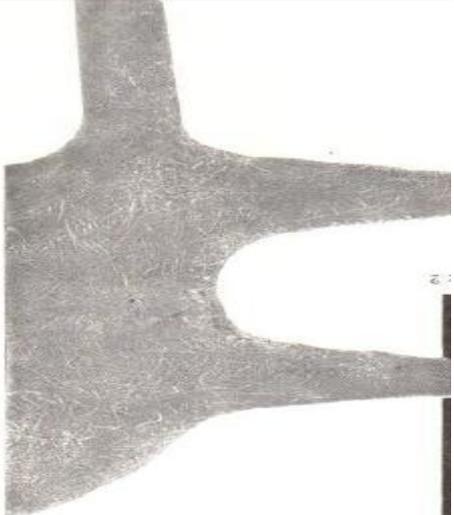
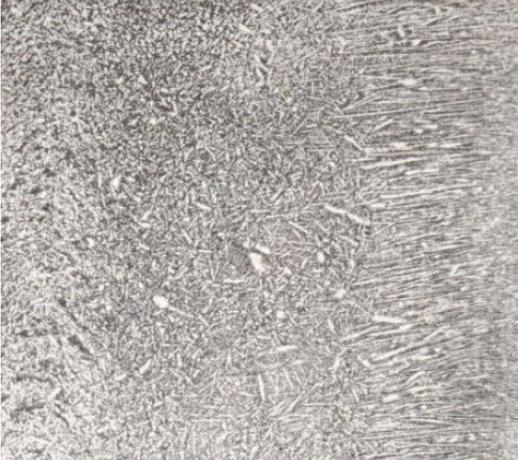
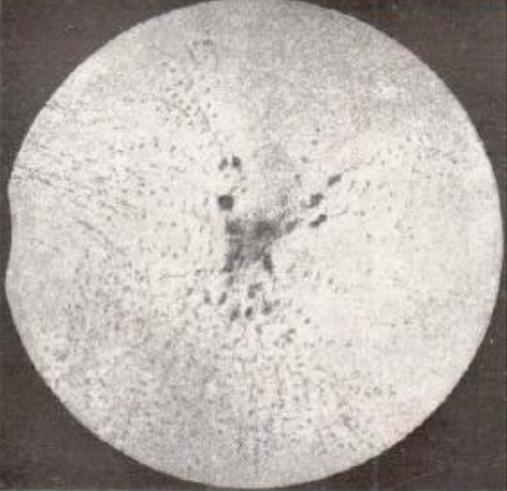
1. Зарисовку объекта исследования с выявленной макроструктурой. Все особенности макроструктуры должны быть указаны на зарисовке и определены выносными линиями.
2. Описание макроструктуры, например: макроструктура стального слитка представляет из себя зону мелких равноосных кристаллов, которая образуется в первый момент кристаллизации, когда возникает большое количество центров кристаллизации, она располагается на поверхности слитка.
3. Выводы, которые можно сделать для определения качества той или иной детали.

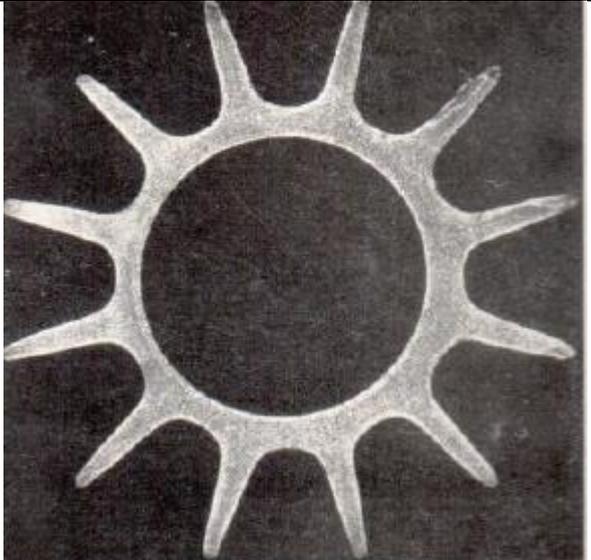
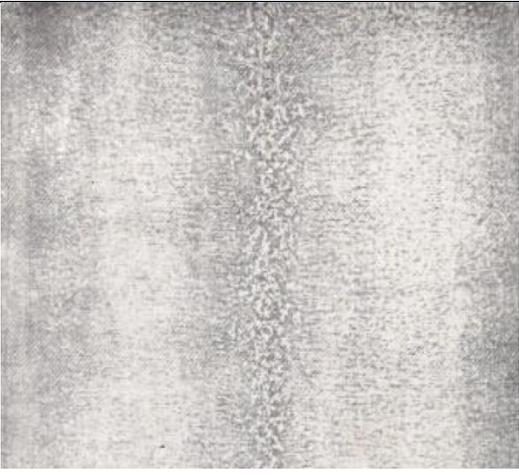
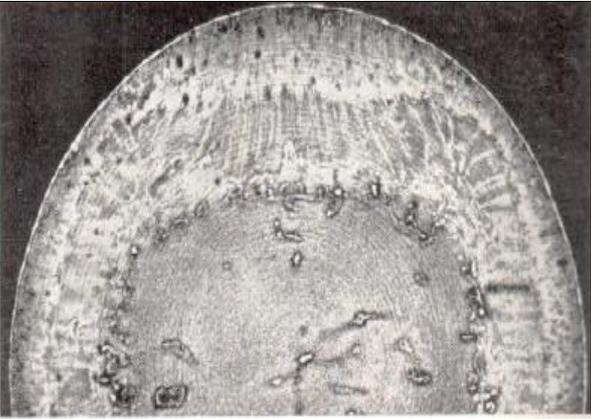
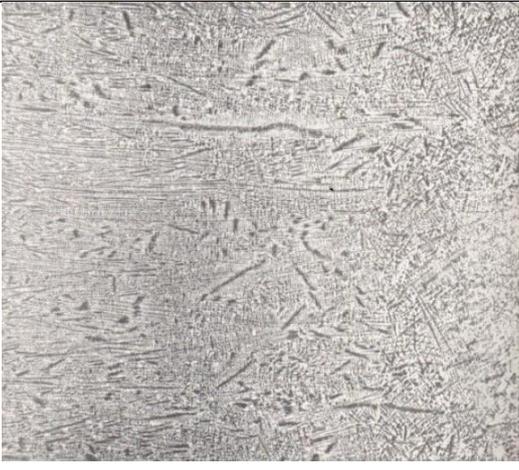
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

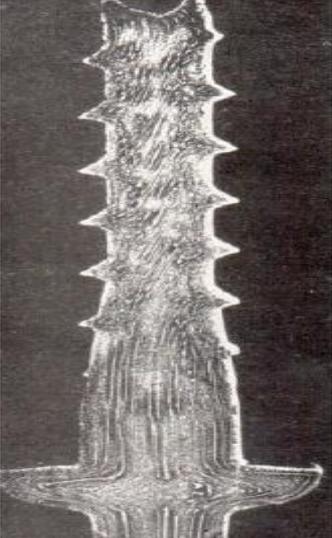
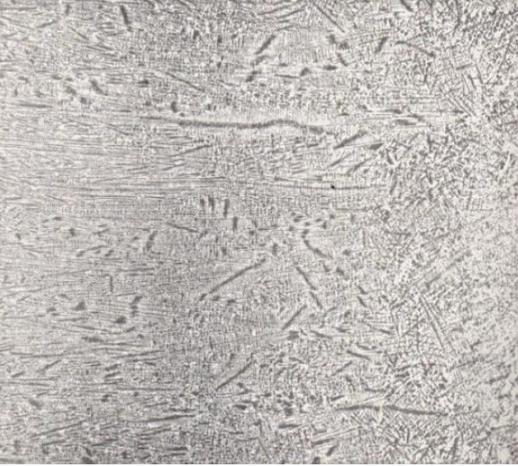
Таблица 1

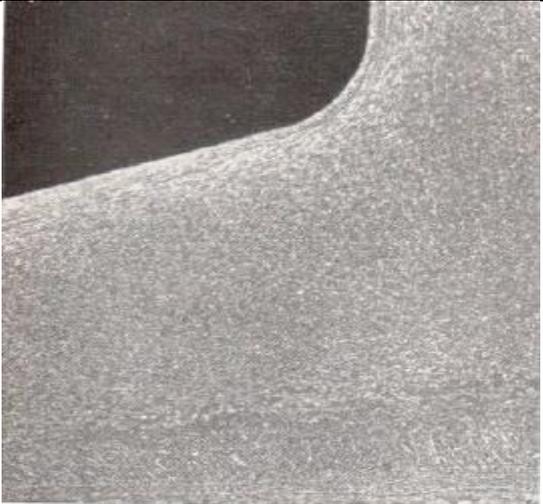
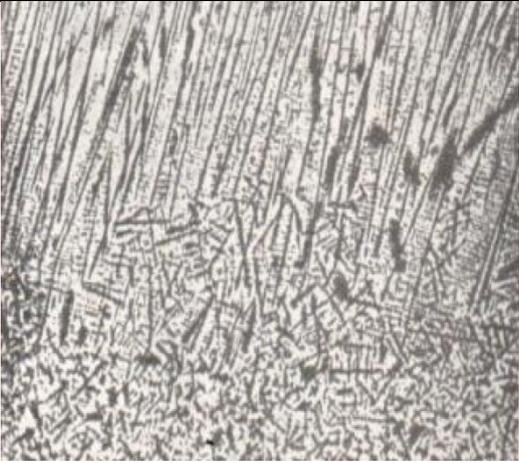
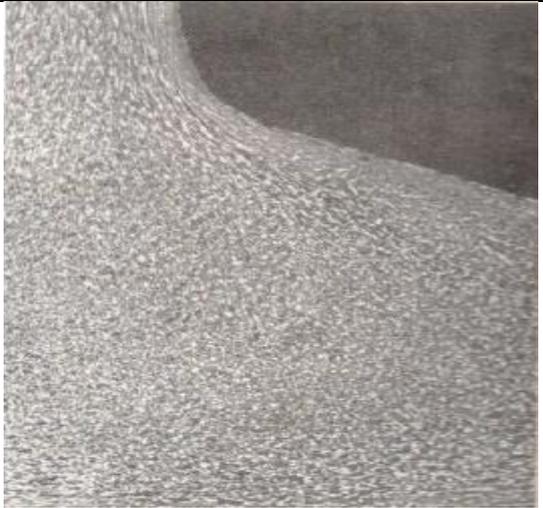
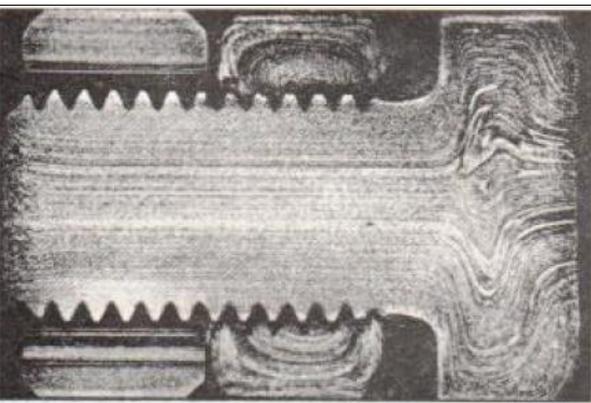
Вариант №п/п	Фотография микроструктуры литого металла [1]	Фотография микроструктуры детали, изготовленной методом ОМД [1]
1		
2		
3		

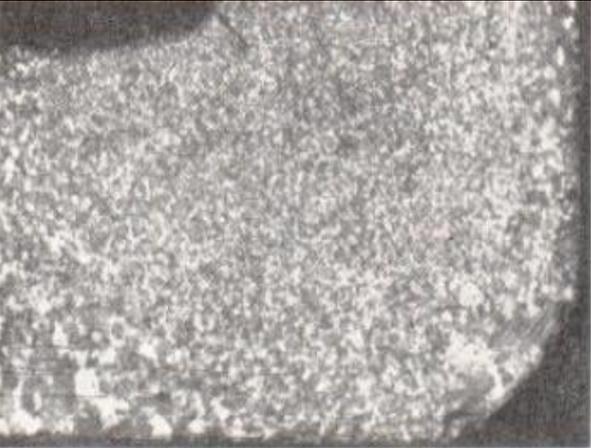
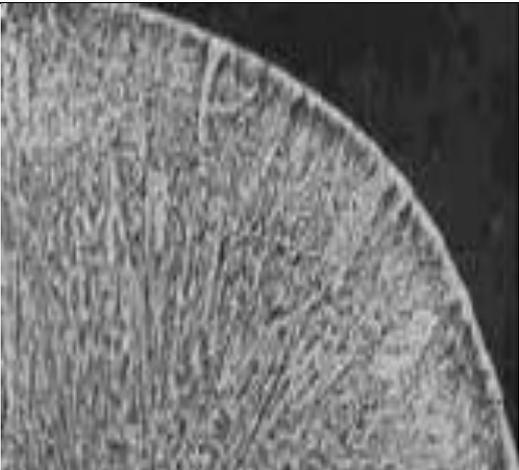
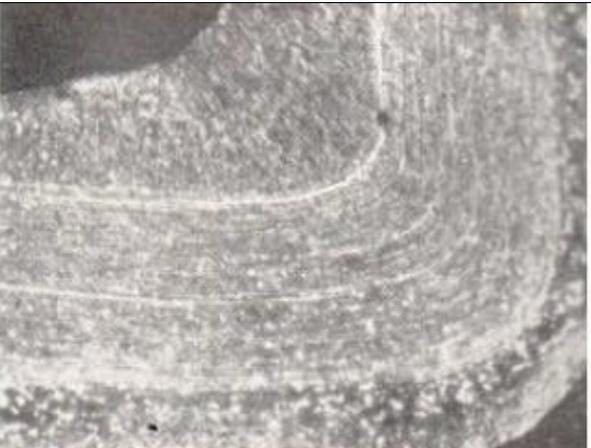
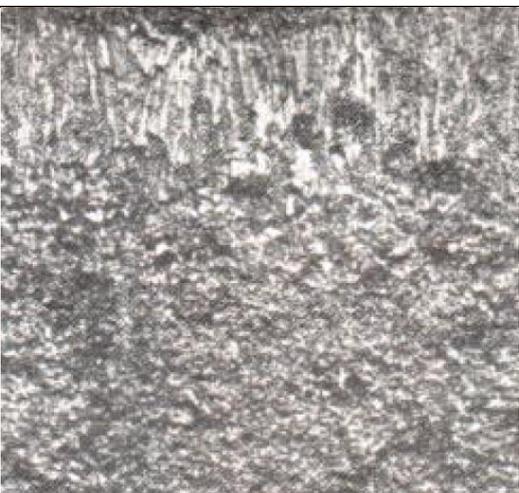
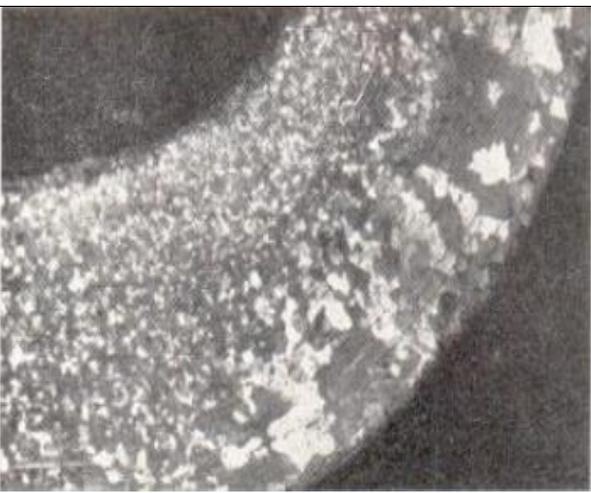
<p>4</p>		
<p>5</p>		
<p>6</p>		

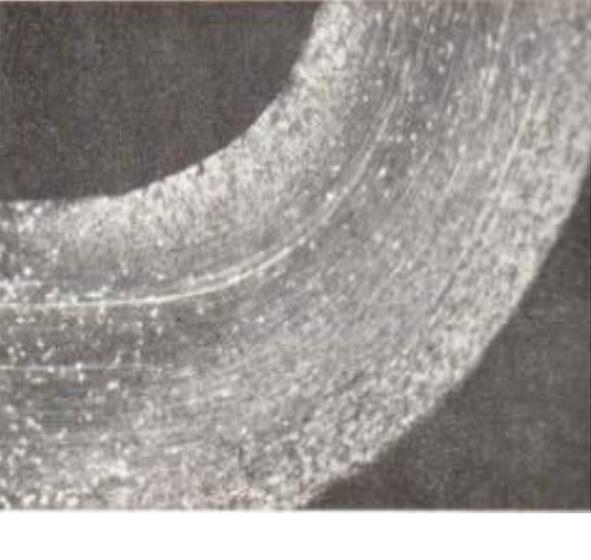
7		
8		
9		

<p>10</p>		
<p>11</p>		
<p>12</p>		

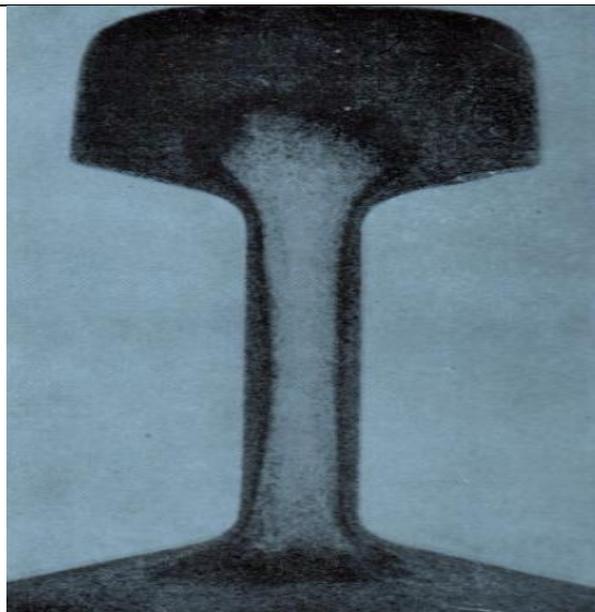
<p>13</p>		
<p>14</p>		
<p>15</p>		

<p>16</p>		
<p>17</p>		
<p>18</p>		

<p>19</p>		
<p>20</p>		
<p>21</p>		

22		
23		
24		

25



Список литературы

1. Металлография железа Том III «Кристаллизация и деформация сталей» (с атласом микрофотографий). Перевод. Изд-во «Металлургия», 1972, с. 236.
2. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов: Учебник для вузов.-5-е изд.; перераб. и доп.- М.:ООО «ТИД «Аз – book» , 2009.-448 с: ил.
3. Каллистер У., Ретвич Д. Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамика, полимеры)/Пер. с англ. Под ред. Малкина А.Я. – СПб. Научные основы и технологии. 2011. – 896 с.
4. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. И доп. М.: Металлургия, 1986. 544 с.