



ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
«ЦНИИМАШ-АНАЛИТИКА-ПРОЧНОСТЬ»

115088, Москва, Шарикоподшипниковская, 4
Телефон: 675-85-16. Факс: 674-16-92

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
по результатам исследования воздействия «резонансных полей» на
структуре сталей

Руководитель испытательного центра

А.Е. Корнеев

Москва 2008

Цель работы

Целью работы является исследование влияние воздействия резонансных полей на структуру и свойства углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей.

Материал исследования

В качестве объектов исследования были выбраны полосы изготовленные из слитков стали 20, стали 20ХГНМ и из стали типа SAF 2205 (02Х22Н5АМ3).

Методика исследования

Химический состав образцов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии (атомно-абсорбционный спектрометр «Перкин-Элмер»), содержание углерода и серы определяли на CS-анализаторе «LECO». Микроструктуру и неметаллические включения изучали методами оптической металлографии (компьютерная цифровая система для оптической металлографии на базе микроскопа “NEOPHOT”, стереомикроскоп “Olympus” CZ 61 с цифровой фотокамерой C5060).

Экспериментальные результаты

Выплавка слитков

Для исследований были выбраны 3 состава сталей с различным легированием – сталь 20, сталь 20ХГНМ и сталь типа SAF2205 (02Х22Н5АМ3). По каждому составу сделаны две плавки: одна – с обработкой «резонансными полями», вторая – без такой обработки.

Выплавка всех слитков сталей производилась по стандартной технологии, в соответствии с требованием технологических инструкций на эти марки стали.

Плавки проводились в основной индукционной печи емкостью 50 кг методом сплавления чистых шихтовых материалов. В качестве шихтовых материалов, в зависимости от марки стали, использовали малоуглеродистое железо «высечку» или низкоуглеродистое железо «Армко», марганец электролитический Mp.0, ферросилиций ФС 75, хром металлический Х 99, азотированный феррохром

с содержанием азота 8,8 %, никель электролитический Н.1, молибден металлический МШВ или ферромолибден ФМо 60, алюминий первичный АВ 87, алюминиевый порошок ПАГ 1, электродный бой.

В качестве шлакообразующих материалов использовали известь и плавиковый шпат.

Все плавки проводили по горячему тиглю (перед первой плавкой делали промывную «высечку»).

При выплавке стали 20 и стали 20 ХГНМ после частичного рафинирования завалки вводили электродный бой и ферросилиций на 0,1%. В процессе плавления на зеркало металла давали шлакообразующую смесь, состоящую из извести с плавиковым шпатом и алюминиевым порошком в соотношении 2:1:1 (общее количество 200-250 г).

После полного расплавления шихты и замера температуры ($1530-1550^{\circ}\text{C}$) давали требуемые химическим составом легирующие добавки, раскисляли шлак алюминиевым порошком, после выдержки 3-5 мин вводили в металл кусковой алюминий.

После замера температуры ($1600-1630^{\circ}\text{C}$) плавку сливали в нагретый ковш, из ковша отбирали пробы на химический анализ и заливали слиток массой 12 кг.

При выплавке стали SA F2205 (02Х22Н5АМ3) в завалку давали железо, хром и никель.

После появления жидкого металла на зеркало давали молибден и выдерживали до полного расплавления. Затем жидкий металл раскисляли ферросилицием (0,2 %) и вводили марганец металлический, затем вводили оставшийся ферросилиций. Образовавшейся шлакокраска раскисляли смесью: $\text{CaO}+\text{CaF}_2+\text{Al}$ (порошок), выдерживали 3-5 минут и скачивали шлак.

Вводили азотированный феррохром и выдерживали до полного его усвоения.

Шлакокраска опять раскисляли смесью $\text{CaO}+\text{CaF}_2+\text{Al}$ (порошок) в соотношении 1:1:1, затем выдерживали 3-5 минут, скачивали шлак, замеряли температуру ($T=1600^{\circ}\text{C}$) и сливали металл в ковш. Отбирали карандашную пробу для газового

анализа и обычную для изготовления шлифа для спектрального анализа и отбора стружки для ОРПеделения содержания в металле углерода и серы. Металл разливали из ковша на слитки по 12,5 кг.

Слитки всех плавок имели удовлетворительное состояние поверхности.

После получения данных по химическому анализу слитки были переданы в для пластической деформации в соответствии с техническим заданием. Результаты химического анализа и особенности обработок плавок приведены в таблице № 1

Горячая деформация слитков

На деформацию поступили прибыльные слитки массой 10 – 12кг из сталей 20, 20ХГНМ, 02Х22Н5АМ3 (ЭИ130). Осмотр слитков показал, поверхность слитков достаточно чистая для того чтобы ковать их без предварительной обдирки поверхности.

Слитки нагревали в газовой печи и ковали на плоских бойках пневматического молота м.п.ч.750 кг на квадрат 45×45 . Температура нагрева металла в печи $1180 - 1200$ °С, окончания ковки сталей 20 и 20ХГНМ – 850 °С, стали 02Х22Н5АМ3 – $880-930$ °С.

Окончательная ковка проводилась после подогрева поковок на молоте 150 кг на полосу $18+2 \times 40+2$ мм. Качество поверхностей поковок сталей 20 и 20ХГНМ было хорошее, разницы в условиях деформации с обработкой резонансными полями (ОРП) и без ОРП не замечено. На поверхностях поковок из стали 02Х22Н5АМ3 были отмечены небольшие риски типа волосовин и пластичность стали с ОРП была чуть лучше, чем без ОРП.

Прокатку на полосу 15×40 мм проводили на стане Ду 400 в гладких валках за три прохода. Поковки нагревали до температуры 1150 °С и охлаждали на воздухе. Уков при ковке составлял около 5, деформация при прокатке – 22%.

При прокатке сталей с ОРП и без ОРП различий не обнаружено, нарушений сплошности металла на защищенных поверхностях пластин не наблюдалось. На поверхностях пластин из стали 02Х22Н5АМ3 как с ОРП, так и

без ОРП были отмечены риски типа волосовин, которые проникали на глубину до 0,5 – 1 мм, видимо вследствие падения пластичности в конце деформации.

Таким образом, горячая деформация металла с обработкой «резонансными полями» и без неё не выявила существенных отличий в поведении металла.

Неметаллические включения

Определение типа и содержания неметаллических включений проводили по ГОСТ 1778-70 (метод Ш4). В образцах стали 20 были выявлены сульфиды (С) и включения глинозема, в основном в виде строчек – оксиды строчечные (ОС). В образцах стали 20ХГНМ были выявлены сульфиды, оксиды точечные (ОТ) и оксиды строчечные. В образцах стали типа SA F2205 (02Х22Н5АМ3) были выявлены хромиты и сложные включения окислов и силикатов (ОС и ОТ).

Все полученные по неметаллическим включениям результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 Неметаллические включения

Сталь	Неметаллические включения (балл)		
	ОС	ОТ	С
<u>20</u>	с полем	1,5	-
	без поля	3,5	-
<u>20ХГНМ</u>	с полем	1,5	-
	без поля	4,5	2
<u>02Х22Н5АМ3</u>	с полем	0,5	1,5
	без поля	4,5	2

На рисунках 1- 4 приведены изображения НВ, иллюстрирующие данные, приведенные в таблице 2.

Таблица № 1 Результаты химического анализа плавок с обработкой и без обработки «резонансными полями» марок: ст 20; 20ХГНМ; 02Х22Н5АМ3

Марка стали	№ плавк	Химический состав, масс %									Обработка
		C	Si	Mn	S	Cr	Ni	Cu	Mo	N	
Марочный состав Сталь 20		0,17 0,2	0,17 0,37	0,35 0,65	<0,035	<0,25	<0,30	<0,30	-	-	
	124	0,18	0,25	0,73	0,022	0,14	0,14	0,13	-	-	С полями
	143	0,20	0,28	0,47	0,013	0,08	0,04	0,04	-	-	Без полей
Погр. анализа, %		0,02	0,03	0,04	0,008	0,02	0,02	0,02	-	-	
Марочный состав 20ХГНМ		0,18 0,2	0,17 0,37	0,71,1	<0,035	0,40,7	0,40,7	<0,30	0,15 0,25	-	
	125	0,25	0,32	1,16	0,021	0,65	0,61	0,13	0,19		С полями
	144	0,17	0,28	0,82	0,012	0,61	0,51	0,04	0,19		Без полей
Погр. анализа, %		0,02	0,03	0,04	0,008	0,04	0,06	0,02	0,02		
Марочный состав 02Х22Н5АМ3		<0,025	0,40,7	<2,0	<0,005	22,022,5	5,15,4	<0,3	3,13,3	0,10,2	
	138	0,028	0,43	1,46	0,006	22,5	5,25	0,02	3,3	0,2	Без полей
	139	0,023	0,46	1,43	0,006	22,4	5,40	0,01	3,2	0,3	С полями
Погр. анализа, %		0,004	0,06	0,08	0,002	0,16	0,16	0,02	0,12	0,008	

Определение структурной полосчатости

Полосчатость феррито-перлитной структуры в стали 20 определяли по ГОСТ65640-68 (шкала 3). Балл полосчатости в образце без ОРП составил 2,5, а в образце с ОРП – 1,5. Эти результаты проиллюстрированы на рис. 5

Полосчатость образцов стали 20ХГНМ сравнить не удалось, поскольку микроструктуры их кардинально различалась (рис. 6).

Для сталей типа SA F2205 (02Х22Н5АМ3) нет нормативных документов по количественному определению структурной полосчатости, поэтому можно лишь качественно сравнить микроструктуры по этому параметру. Как видно из рис. 7 микроструктуры образца с ОРП и без ОРП заметно различаются.

Заключение

В результате проведенных исследований выявлены различия по содержанию неметаллических включений и по микроструктуре образцов стали 20, стали 20ХГНМ и стали типа SA F2205 с обработкой и без обработки «резонансными полями». Исследования проведены на одной плавке каждой стали.

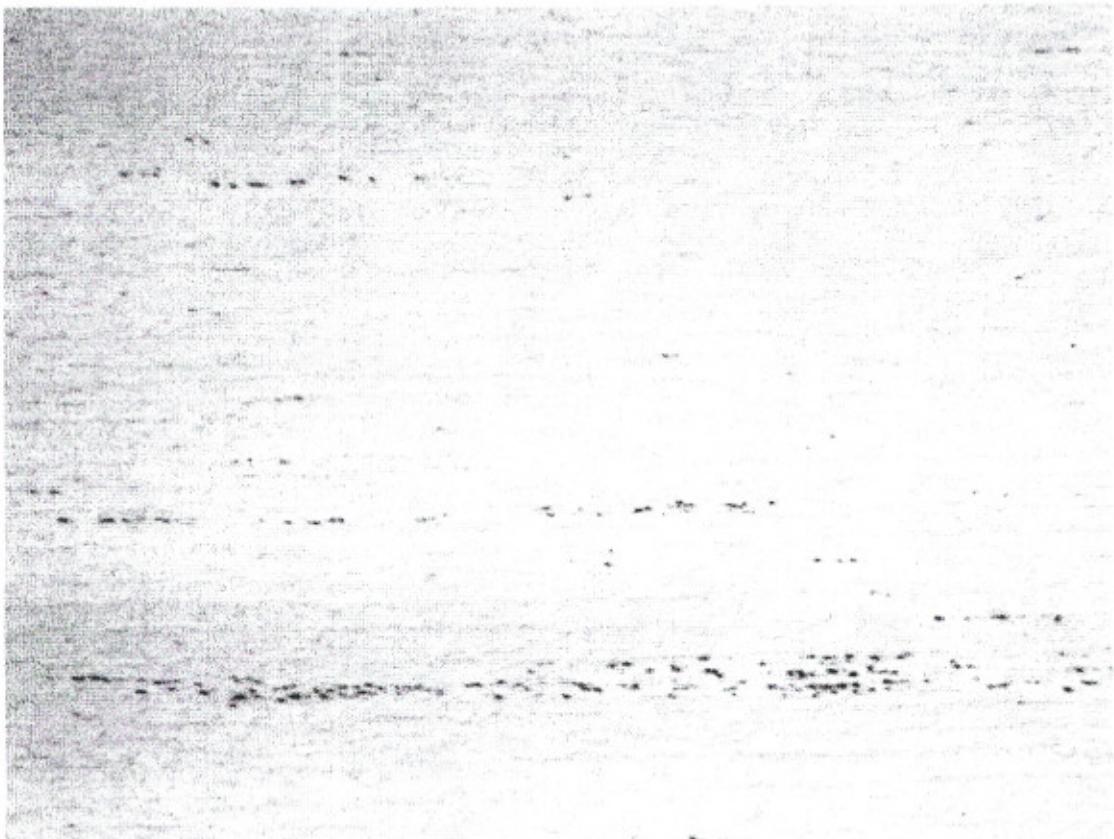
Образец с ОРП x100



Образец без ОРП x100

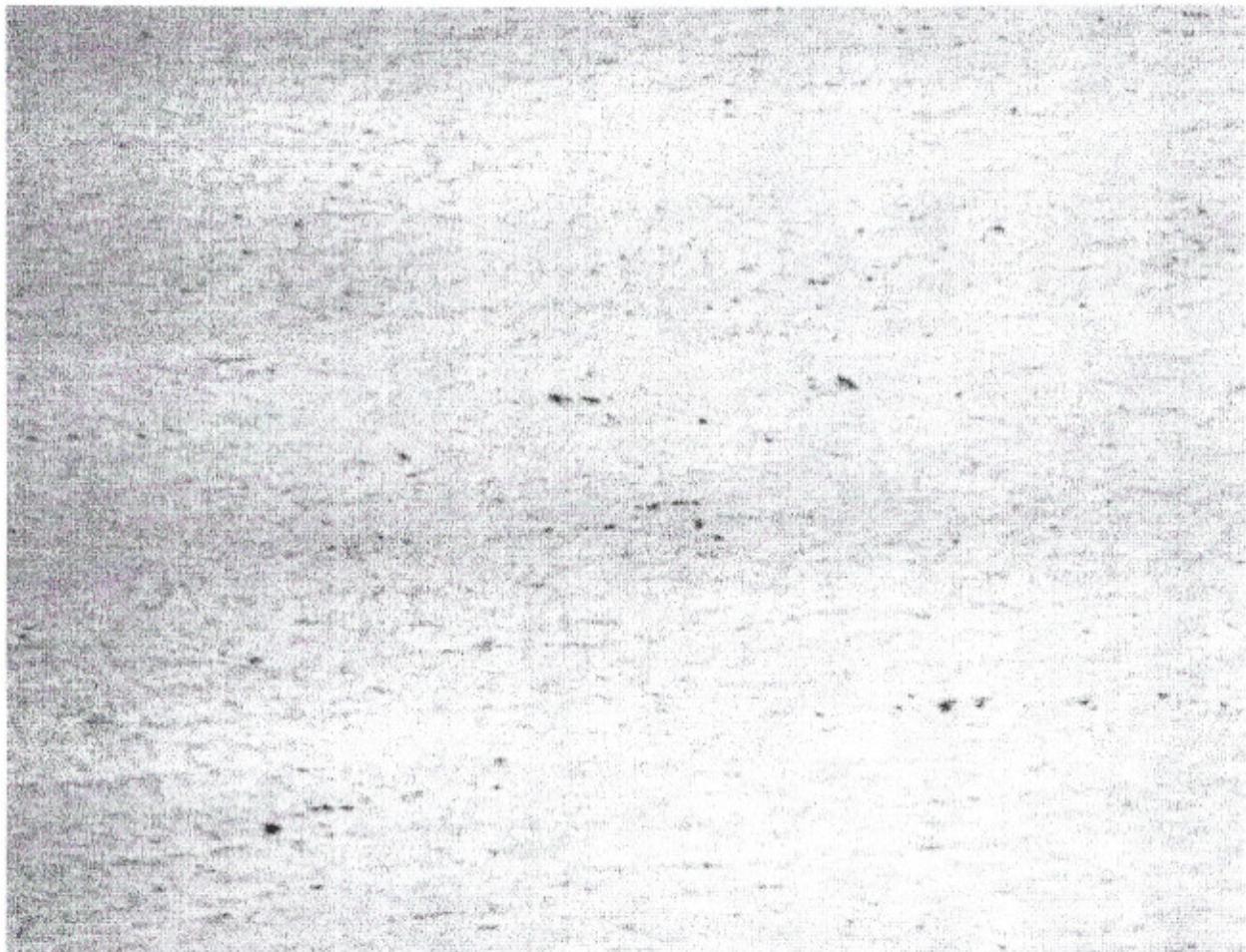
Рисунок 1. Неметаллические включения в стали 20

Образец с ОРП x100



Образец без ОРП x100

Рисунок 2 Неметаллические включения (ОС) в стали 20ХГНМ

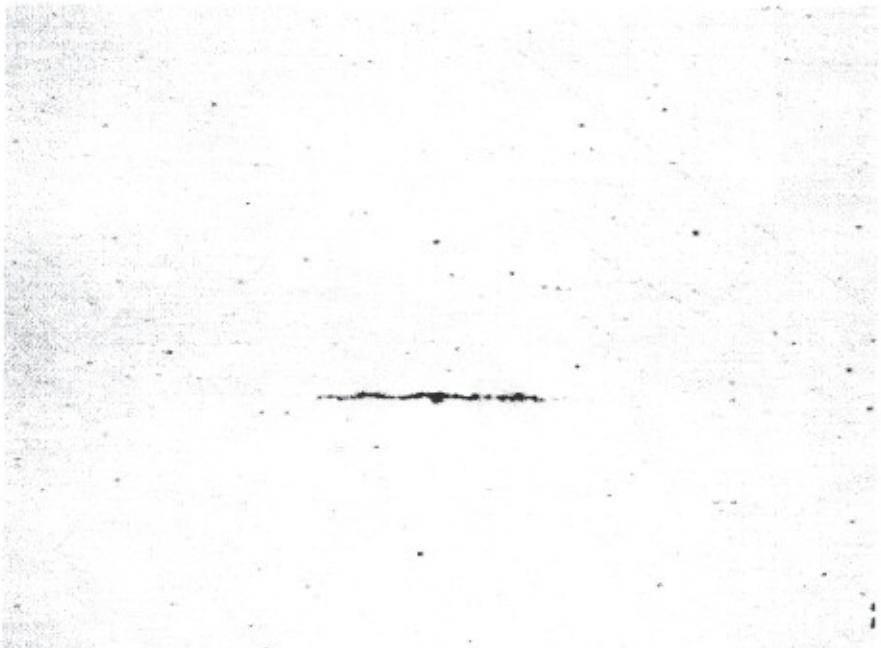


Образец без ОРП x100

Рисунок 3 Неметаллические включения в (ОТ) стали 20ХГНМ
(в образце с ОРП ОТ не выявлены)

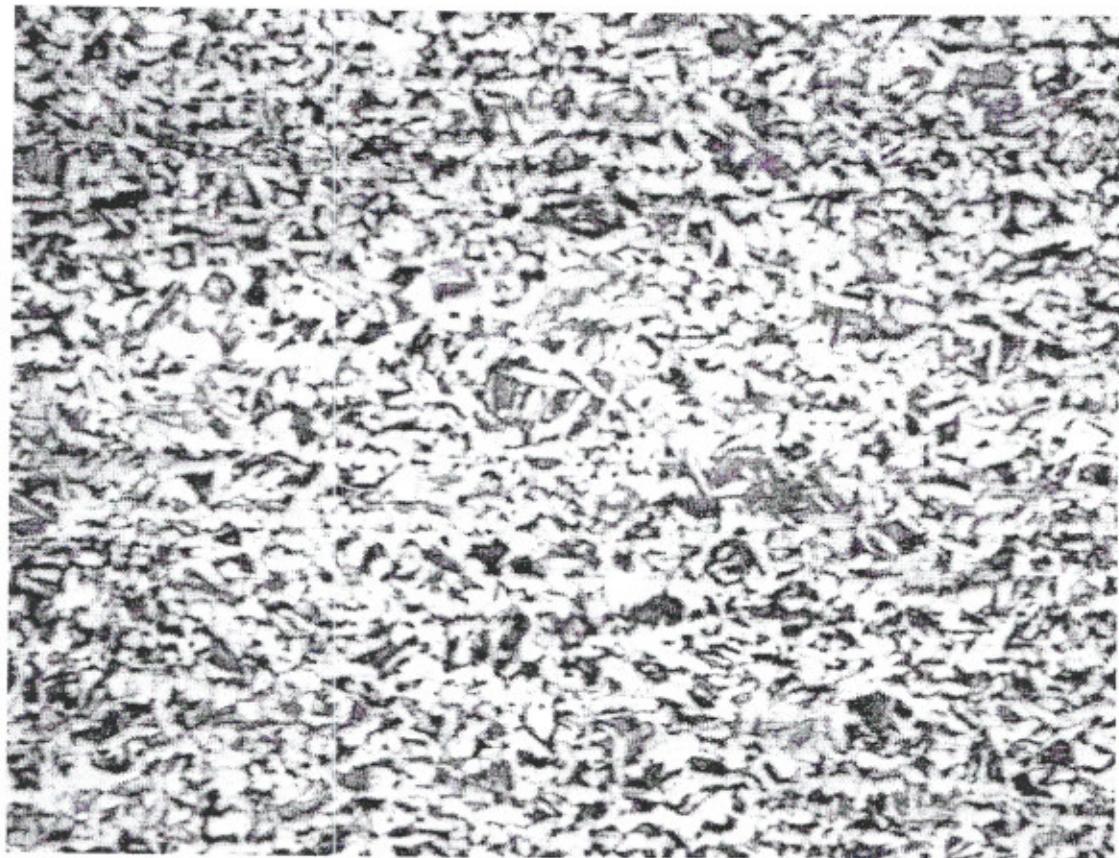


Образец без ОРП x100

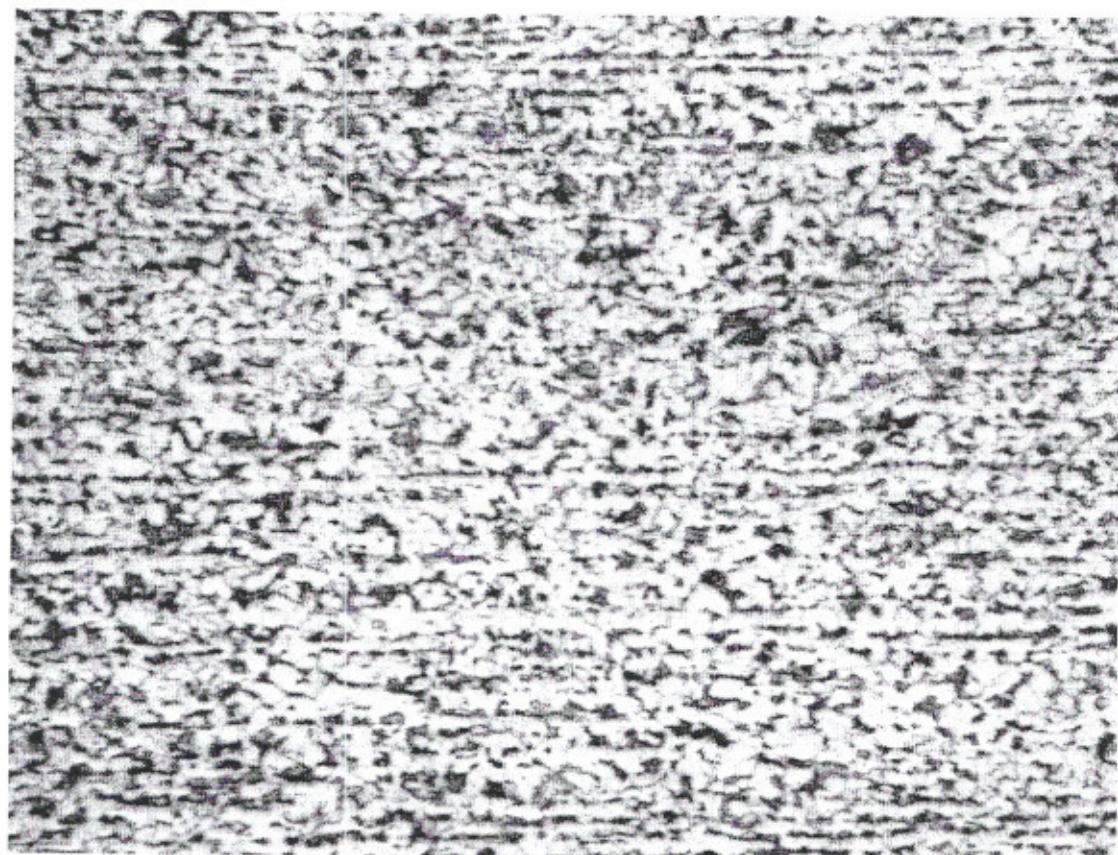


Образец с ОРП x100

Рисунок 4 Неметаллические включения в стали 02Х22Н5АМ3



Образец с ОРП x100

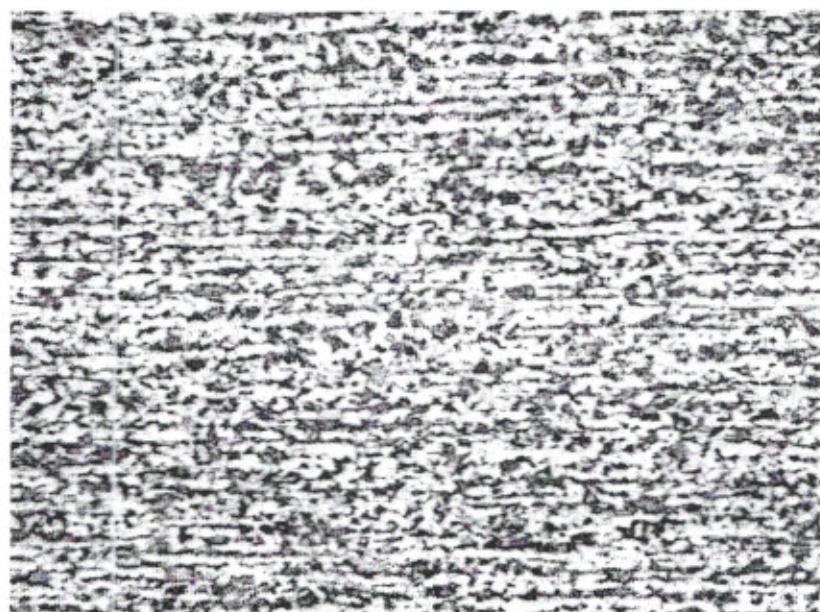


Образец без ОРП x100

Рисунок 5 Структурная полосчатость стали 20

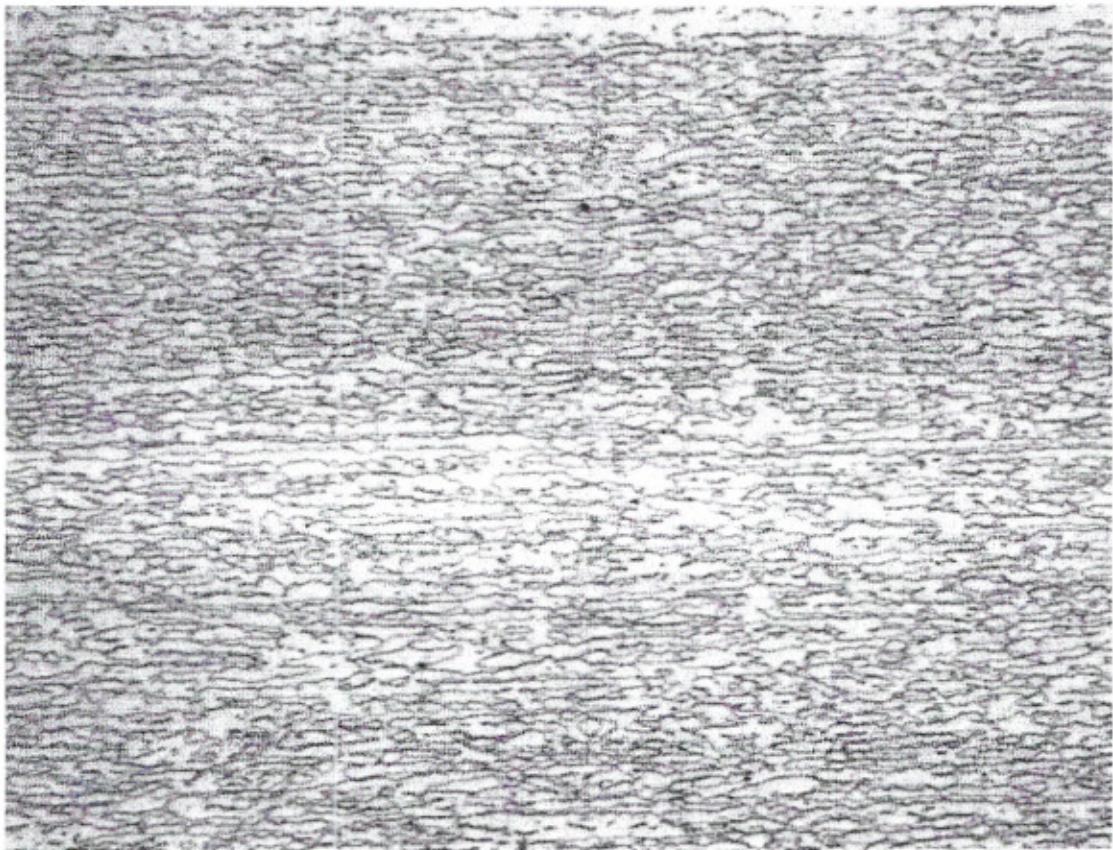


Образец с ОРП (бейнит) x125

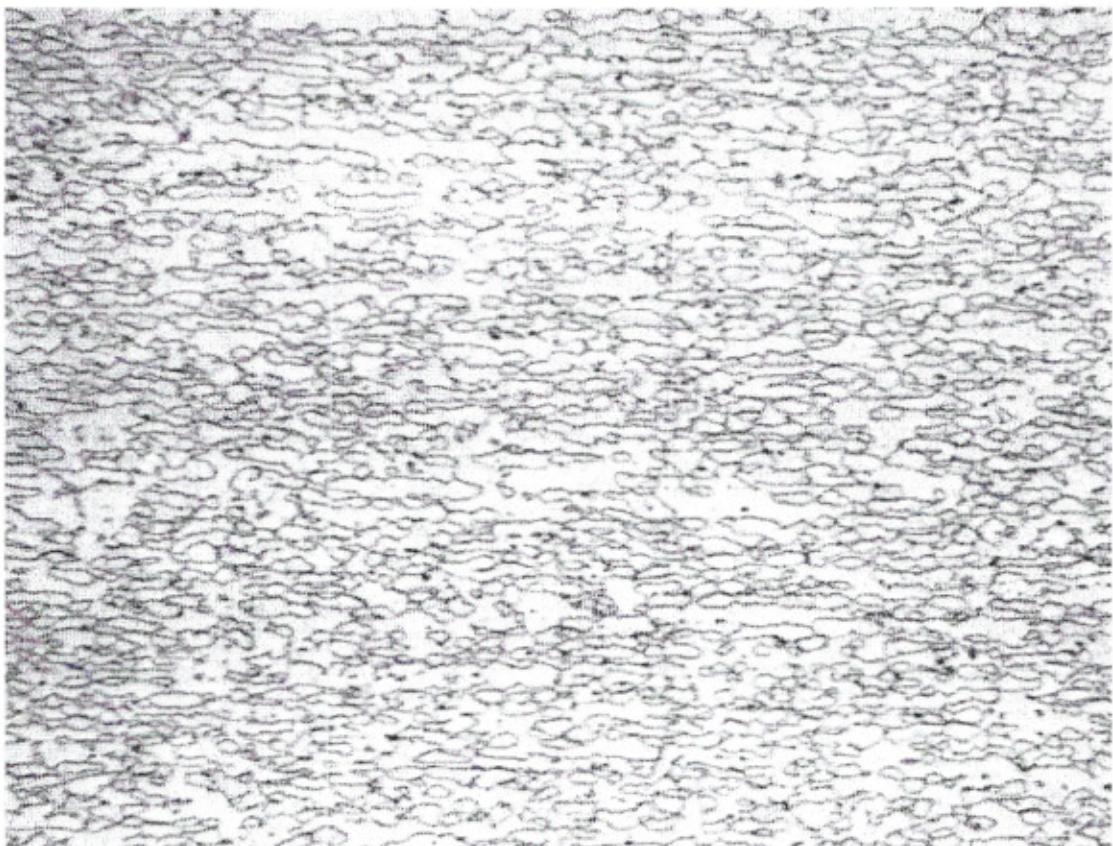


Образец без ОРП (феррито-перлит) x125

Рисунок 6 Микроструктура стали 20ХГНМ



Образец с ОРП x100



Образец без ОРП x100

Рисунок 7 Микроструктура стали 02Х22Н5АМ3