

ДОКЛАД  
на научно-техническую конференцию молодых специалистов  
на тему:

**«Оценка загрязненности стали марки 09Г2С  
Неметаллическими включениями в листовом прокате  
и литой заготовке»**

Разработали:

Инженер-лаборант ЦЗЛ ММЛ

Лаборант по физико-механическим испытаниям ЦЗЛ ММЛ

Лаборант-металлограф ЦЗЛ ММЛ

Селиванова О.В.

Петицкая Е.Ю.

Валькова А.А.

## **Цель работы:**

оценка неметаллических включений  
стали марки 09Г2С с целью улучшения  
качества металла.

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы образования и распределения неметаллических включений представляют научный и практический интерес, поскольку они тесно связаны с составом стали, технологией выплавки и условиями кристаллизации. В настоящее время на ПАО «АМЗ» очень остро стоит вопрос о расслоении горячекатаного металла марки 09Г2С.

Дефект «Расслоение» представляет собой разрывы металла в виде дорожки, обычно в середине толщины листа. Эти разрывы могут быть сквозными. Иногда в зоне дефекта имеет место наличие окисленных областей, и различных включений, часто неметаллического характера. Для дефектной области также характерно отсутствие обезуглероживания и высокая газонасыщенность.

Причиной дефекта является появление пор в месте кристаллизации при выплавке и разливке на МНЛЗ. Также к причинам возникновения дефекта можно отнести высокую окисленность металла и его загрязненность различными неметаллическими включениями.

Неметаллические включения в электростали обладают совершенно отличными от основного металла физическими, механическими и химическими свойствами.

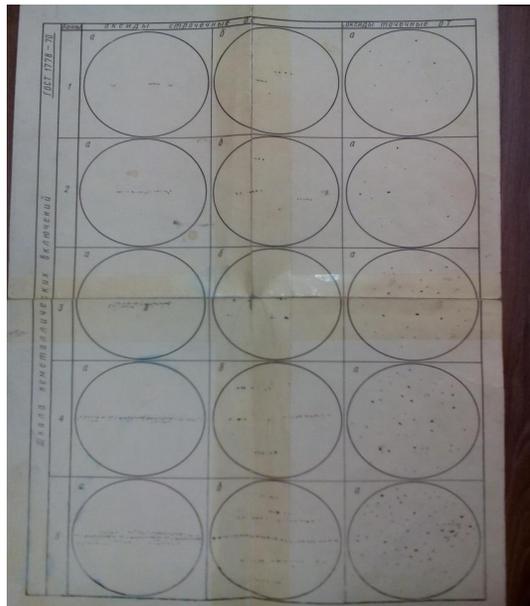
Природа и форма неметаллических включений зависят от химического состава стали и используемых для раскисления материалов. Повышенную загрязненность неметаллическими включениями наблюдают в стали, имеющей относительно высокое содержание кислорода и серы.

В настоящее время в лаборатории проводятся исследовательские работы, направленные на изменение химического состава и снижения неметаллических включений в литой заготовке и листовом прокате, тем самым улучшая качество металлопроката.

Применение метода для испытания металлов, а также нормы загрязненности стали и сплавов неметаллическими включениями предусматриваются в стандартах или технической документации, утвержденной в установленном порядке, на конкретную металлопродукцию. Оценка образцов осуществляется по ГОСТ 1778-70.

Метод К — подсчет количества включений, используется для литой заготовки, производится под микроскопом на нетравленых шлифах при  $\times 170-180$  увеличении.

Метод Ш — это сравнение с эталонными шкалами, применяется для испытания деформированного металла.



# Виды и причины возникновения неметаллических включений

Основные вредные примеси - сера и фосфор. Сульфидные и нитридные включения резко влияют на технологические, механические и служебные свойства стали. Отрицательное влияние также оказывают примеси цветных металлов, вносимые обычно металлоломом, оксиды, сульфиды, нитриды, силикаты.

Форма и состав содержащихся в стали неметаллических включений могут быть изменены при вводе в нее специальных добавок – модификаторов: щелочноземельные металлы – магний, кальций и редкоземельные элементы – цирконий, церий, бор, и др.

Причинами возникновения:

- неаккуратная работа с огнеупорным материалом при подготовке выпускного и разливочного;
- неудовлетворительное качество огнеупорного;
- скопление продуктов раскисления;
- слишком ранний слив шлака.

Дата	Марка	№ партии	№ плавки	Толщина,мм	ОТ	ОС	СН	С
23.01.18	09Г2С	180232	1001	20	1	0,5	1,5	1
04.02.18	09Г2С-12	180514	2195	12	2	0,5	1	0,5
05.02.18	09Г2С-12	180514	2195	12	2	0,5	1	0,5
21.02.18	09Г2С	180741	3168	50	1	0,5	0,5	2
21.02.18	09Г2С	180739	3205	10	1	0,5	0,5	1
21.02.18	09Г2С	180739	3209	16	1,5	0,5	0,5	0,5
21.02.18	09Г2С	180742	3188	20	1	0,5	1	0,5
22.02.18	09Г2С-12	180739	3204	30	1,5	1	0,5	1
22.02.18	09Г2С-12	180738	3201	30	1,5	1	0,5	1
22.02.18	09Г2С-15	180742	3174	40	1	0,5	1	0,5
22.02.18	09Г2С	180739	3208	40	1	0,5	1	0,5
22.02.18	09Г2С	180739	3606	50	1	0,5	0,5	1
22.02.18	09Г2С	180738	3198	20	1	1	0,5	1
14.03.18	09Г2С	181112	4450	20	1	0,5	0,5	3
14.03.18	09Г2С	181110	4452	20	1	0	1	2
15.03.18	09Г2С	181112	4448	30	1,5	0,5	1	3
16.03.18	09Г2С	181109	4467	20	2	1	1	2
16.03.08	09Г2С	181110	4449	40	1	0,5	1	1,5
16.03.18	09Г2С	181110	4458	25	2	0,5	1	0
16.03.18	09Г2С	181110	4460	26	1,5	0,5	0,5	0
16.03.18	09Г2С	181110	4453	36	2	0,5	2	3
05.04.18	09Г2С	181441	5991	30	2	0,5	1	0
05.04.18	09Г2С	181441	5992	22	1,5	0,5	1	0
27.04.18	09Г2С	181806	7519	14	1	0,5	1	0
28.04.18	09Г2С	181814	7583	12	1	0,5	0,5	0,5
28.04.18	09Г2С	181815	7584	12	1	0,5	1	0,5
03.05.18	09Г2С	181807	7513	50	1,5	0,5	1	1
03.05.18	09Г2С-15	181810	7532	20	1	0,5	1	0
03.05.18	09Г2С	181808	7523	30	1,5	0,5	0,5	0,5
03.05.18	09Г2С-15	181809	7531	40	1,5	1,5	0,5	0,5
03.05.18	09Г2С	181807	7660	40	1,5	0,5	1	1
19.05.18	09Г2С-15	182146	8860	40	1	0,5	0,5	1
19.05.18	09Г2С-15	182146	8841	50	1	0,5	1	2
19.05.18	09Г2С-15	182143	8861	50	1	0,5	0,5	1
21.05.18	09Г2С-15	182191	8942	36	1	0,5	0,5	0,5
21.05.18	09Г2С-14	182191	8949	50	1	1	1	0,5
21.05.18	09Г2С	182151	8956	50	2	1	0,5	0,5
21.05.18	09Г2С	182150	8847	50	1	0,5	0,5	1
21.05.18	09Г2С	182144	8974	50	1	0,5	0,5	0,5
22.05.18	09Г2С	182245	9131	30	1	0,5	0,5	0,5
22.06.18	09Г2С-12	182755	11096	30	2	0,5	1,5	0
04.07.18	09Г2С-6	182922	11816	36	1,5	0,5	1	0
04.07.18	09Г2С-15	182950	11951	30	1	0,5	0,5	0
04.07.18	09Г2С-15	182951	12007	20	1,5	0,5	0,5	0
04.07.18	09Г2С-14	182952	11977	30	2	0,5	1	0
04.07.18	09Г2С-15	182953	11985	20	2	0,5	0,5	0
04.07.18	09Г2С-15	182952	11981	20	1	0	0,5	0
04.07.18	09Г2С-15	182762	11277	36	1	0,5	1	0
04.07.18	09Г2С-15	182763	11272	32	1	0	1	0

Дата	Марка	№ партии	№ плавки	Толщина,мм	ОТ	ОС	СН	С
04.07.18	09Г2С-15	182763	11270	36	1,5	0,5	1	0
04.07.18	09Г2С-15	182951	11986	40	1	0	0,5	1
06.07.18	09Г2С-9	182760	11118	30	2	0,5	0,5	0
06.07.18	09Г2С-9	182764	11530	30	1	0,5	1	0
06.07.18	09Г2С-14	183019	12127	25	1	0	0,5	0
09.07.18	09Г2С-14	182918	12362	30	2	0,5	1	0
12.07.18	09Г2С-15	183102	12585	36	2	0,5	1	0,5
12.07.18	09Г2С-14	183102	12577	20	1,5	0,5	1	0
13.07.18	09Г2С-15	183103	12580	20	1,5	0,5	1	0,5
13.07.18	09Г2С-14	183102	12572	60	2	1	2	0
13.07.18	09Г2С-15	183074	12444	25	1	0,5	0,5	0
13.07.18	09Г2С-14	182953	11976	30	1	0,5	1	0
16.07.18	09Г2С-15	183138	12696	30	1	0,5	1	1
16.07.18	09Г2С-14	183137	12680	36	1	0,5	2	0
16.07.18	09Г2С-15	183135	12679	50	2	0	1,5	0
17.07.18	09Г2С-15	183169	12850	40	1	0	1	0
18.07.18	09Г2С-15	183068	12896	20	1	0,5	1	0
18.07.18	09Г2С-15	183101	12905	25	1	0,5	0,5	0
18.07.18	09Г2С-15	183104	12906	25	1,5	0,5	0,5	0
18.07.18	09Г2С-15	182948	12930	25	2	0,5	1	1
25.07.18	09Г2С-15	183263	13338	32	1,5	0,5	1	1
25.07.18	09Г2С-15	183262	13354	20	1,5	0,5	1	0,5
25.07.18	09Г2С-14	183231	13286	60	1,5	0,5	0,5	0
25.07.18	09Г2С-14	183224	13209	36	2	0,5	1,5	1
25.07.18	09Г2С-15	183227	13207	40	2	0,5	1	0,5
25.07.18	09Г2С-15	183227	13205	50	2	0,5	1	0,5
25.07.18	09Г2С	183236	13250	40	1,5	0,5	0,5	1
26.07.18	09Г2С	183236	13296	50	1,5	0	0,5	1
26.07.18	09Г2С-15	183075	13409	40	1	0,5	0,5	1
26.07.18	09Г2С-12	183289	13487	20	1,5	0,5	1	1
27.07.18	09Г2С-15	183291	13505	25	2	0,5	1	1
27.07.18	09Г2С-15	183295	13553	20	2	0,5	1	1
27.07.18	09Г2С-15	183297	13536	25	1	0	1	1
27.07.18	09Г2С-15	183229	13516	20	1,5	0,5	1	1
27.07.18	09Г2С-15	183225	13510	30	2	0,5	1	0,5
27.07.18	09Г2С-15	183225	13515	32	1,5	0,5	1	0,5
27.07.18	09Г2С-15	183297	13558	20	1,5	0,5	0,5	0,5
27.07.18	09Г2С-15	183231	13280	25	1	0,5	1	0
27.07.18	09Г2С-15	183356	13806	20	2	0,5	1	0
30.07.18	09Г2С-15	183355	13805	20	2	0,5	1	0,5
30.07.18	09Г2С-15	183356	13798	40	2	0,5	1,5	1
30.07.18	09Г2С-15	183356	13797	40	1,5	0,5	1	0,5
30.07.18	09Г2С-15	183307	13816	25	1,5	0,5	1	0,5
30.07.18	09Г2С-15	183356	13819	25	1,5	0,5	0,5	1
30.07.18	09Г2С-15	183137	12682	40	1	0,5	1	0,5
16.10.18	09Г2С-15	184438	18410	40 №1	2	1	1	1
16.10.18	09Г2С-15	184438	18410	40 №2	1,5	1	0,5	0,5
среднее	значение				1,42	0,51	0,87	0,62

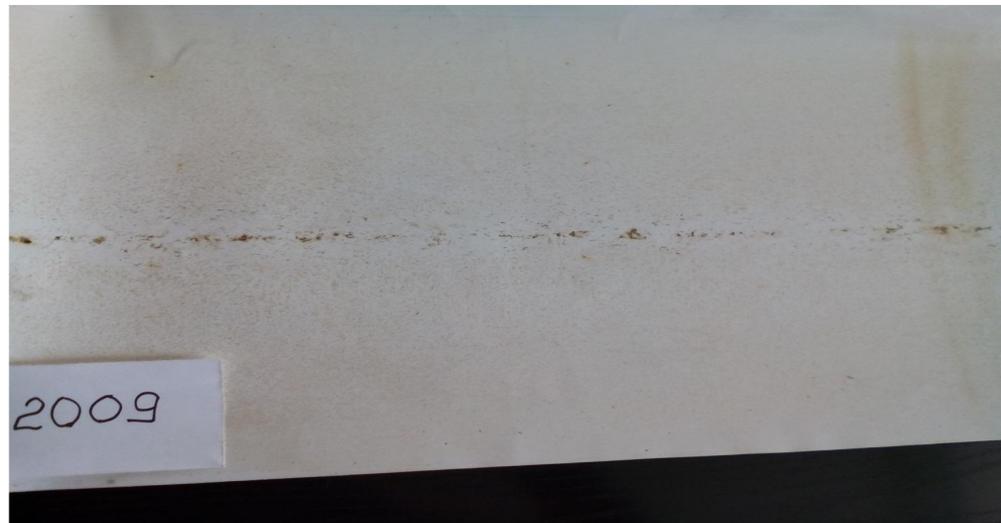
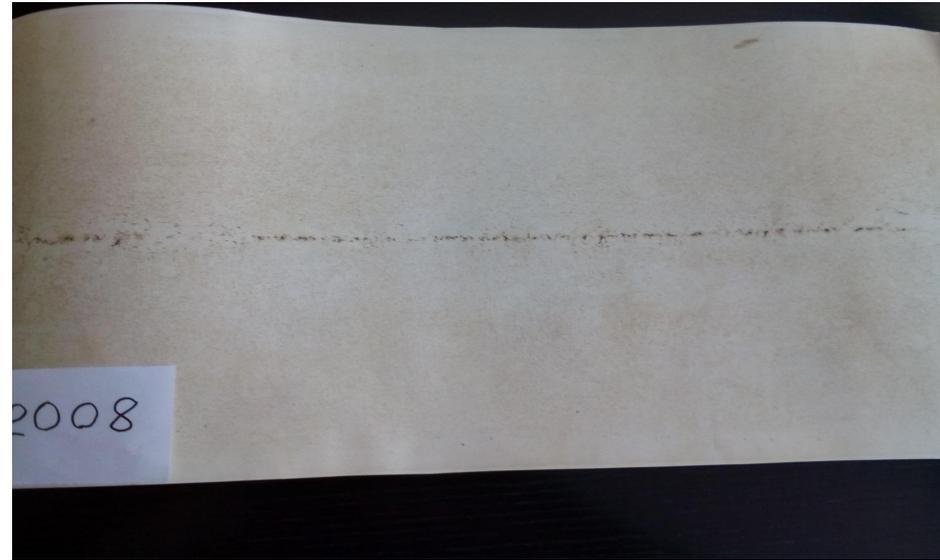
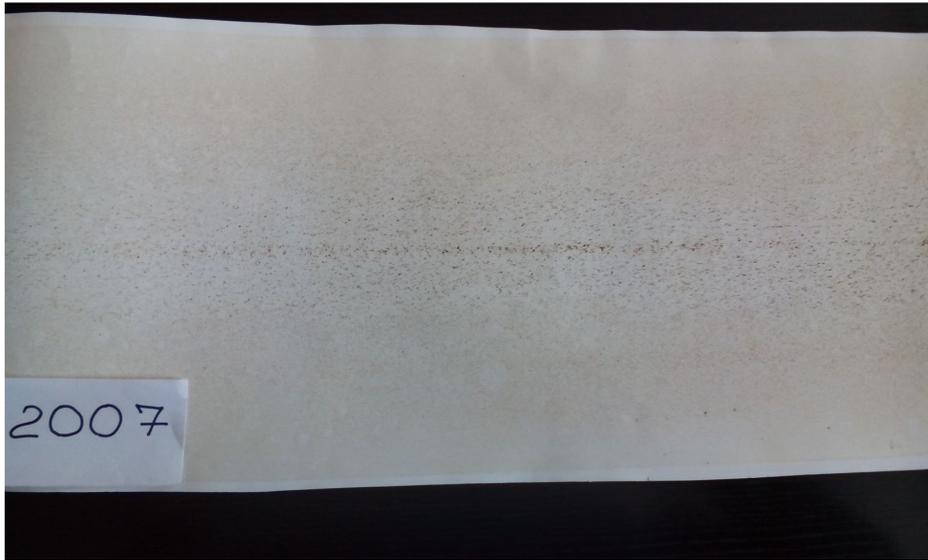
Дата	Марка	№ партии	№ плавки	Толщина,мм	ОТ	ОС	СН	С
01.11.18	09Г2С-12	184650	19880	25	2	0,5	1,5	0,5
01.11.18	09Г2С-12	184650	19881	30	2	1	1	0,5
01.11.18	09Г2С-15	184653	19894	16	2	0,5	1	0,5
02.11.18	09Г2С-15	184653	19903	50	2	1	2	1
02.11.18	09Г2С-15	184659	19921	24	1,5	0,5	0,5	0
02.11.18	09Г2С-15	184659	19920	16	1,5	0,5	1	0
02.11.18	09Г2С-15	184658	19919	16	1	0	0,5	0
02.11.18	09Г2С-15	184658	19927	25	1,5	0,5	0,5	0,5
02.11.18	09Г2С-15	184659	19929	14	1,5	0,5	0,5	0,5
02.11.18	09Г2С-15	184659	19925	22	2	0,5	0,5	0,5
02.11.18	09Г2С-15	184665	19962	12	1,5	0,5	0,5	0,5
02.11.18	09Г2С-14	184668	19980	10	1,5	0,5	1	1
02.11.18	09Г2С-15	184658	19928	50	2	1	0,5	0,5
02.11.18	09Г2С-12	184605	19638	55	2	0,5	0,5	0,5
03.11.18	09Г2С-15	184665	19960	30	1,5	0	2	1
03.11.18	09Г2С-14	184666	19969	18	1,5	0	1,5	0
03.11.18	09Г2С-15	184665	19986	22	2	0,5	2	0
03.11.18	09Г2С-15	184666	19973	45	1,5	0,5	1,5	0,5
03.11.18	09Г2С-15	184666	19974	50	2	0,5	1,5	2
03.11.18	09Г2С-15	184666	19967	25	1,5	1	0,5	1
03.11.18	09Г2С-15	184665	19963	40	1,5	0,5	1,5	1
03.11.18	09Г2С-15	184668	19975	45	1,5	0,5	1	0
03.11.18	09Г2С-15	184639	19806	14	1,5	1	1	1
03.11.18	09Г2С-14	184674	20012	36	1,5	0,5	1	1,5
03.11.18	09Г2С-14	184674	20022	10	1,5	0,5	0,5	1
03.11.18	09Г2С-14	184676	20019	25	1	0,5	0,5	0
04.11.18	09Г2С-15	184665	19959	16	1,5	0,5	0,5	0
04.11.18	09Г2С-15	184676	20024	45	1,5	1	2	2,5
04.11.18	09Г2С-15	184676	20023	40	1,5	1	1,5	1
05.11.18	09Г2С-15	184689	20079	30	1	0,5	0,5	0
05.11.18	09Г2С-15	184689	20081	20	1,5	0	1	0
05.11.18	09Г2С-15	184654	19904	50	1	0,5	0,5	0,5
05.11.18	09Г2С-15	184603	19628	20	2	0,5	1,5	0
05.11.18	09Г2С-15	184594	19593	50	1	0	1	0
05.11.18	09Г2С-15	184689	20101	22	1	0,5	0,5	0,5
05.11.18	09Г2С-15	184689	20102	24	1,5	0,5	1	0,5
06.11.18	09Г2С-14	184653	19896	60	1	0,5	1,5	0
09.11.18	09Г2С-15	184719	20156	60	1	0,5	0,5	0,5
09.11.18	09Г2С-15	184731	20237	22	1	0,5	1	0
09.11.18	09Г2С-15	184731	20236	16	1,5	0,5	1	0
09.11.18	09Г2С-15	184731	20235	14	1	0,5	1,5	0
09.11.18	09Г2С-15	184741	20244	50	1,5	0,5	1	0
09.11.18	09Г2С-15	184741	20243	45	1,5	0,5	0,5	0
09.11.18	09Г2С-15	184741	20239	36	1	0,5	1	1
09.11.18	09Г2С-15	184740	20240	40	1	0,5	0,5	0
09.11.18	09Г2С-14	184740	20238	36	1	0	0,5	0
09.11.18	09Г2С-15	184731	20181	56	1,5	0,5	1	0
09.11.18	09Г2С-15	184764	20276	12	1	0,5	1	0
10.11.18	09Г2С-15	184764	20279	14	1	0,5	0,5	0,5
10.11.18	09Г2С-15	184765	20273	20	1,5	0,5	1	0,5

Дата	Марка	№ партии	№ плавки	Толщина,мм	ОТ	ОС	СН	С
10.11.18	09Г2С-15	184763	20282	16	1	0,5	0,5	0
10.11.18	09Г2С-15	184764	20274	20	1,5	0,5	0,5	0,5
10.11.18	09Г2С-15	184765	20272	16	2	0,5	0,5	0,5
10.11.18	09Г2С-15	184765	20269	30	1,5	0,5	0,5	0,5
10.11.18	09Г2С-15	184763	20283	36	2	0,5	0,5	0,5
10.11.18	09Г2С-15	184763	20284	50	1	0,5	1	0,5
10.11.18	09Г2С-15	184763	20281	30	1,5	0,5	0,5	0
10.11.18	09Г2С-15	184764	20278	30	1	1	0,5	0,5
10.11.18	09Г2С-15	184763	20280	14	1,5	0,5	0,5	0
10.11.18	09Г2С-15	184764	20275	18	1	0,5	1	0
10.11.18	09Г2С-15	184765	20271	36	1	0	0,5	1
10.11.18	09Г2С-15	184765	20270	50	1	0,5	1	1,5
11.11.18	09Г2С-15	184756	20342	50	1	0,5	1	1
11.11.18	09Г2С-15	184756	20376	40	1,5	0,5	0,5	0,5
среднее	значение				1,42	0,51	0,90	0,47

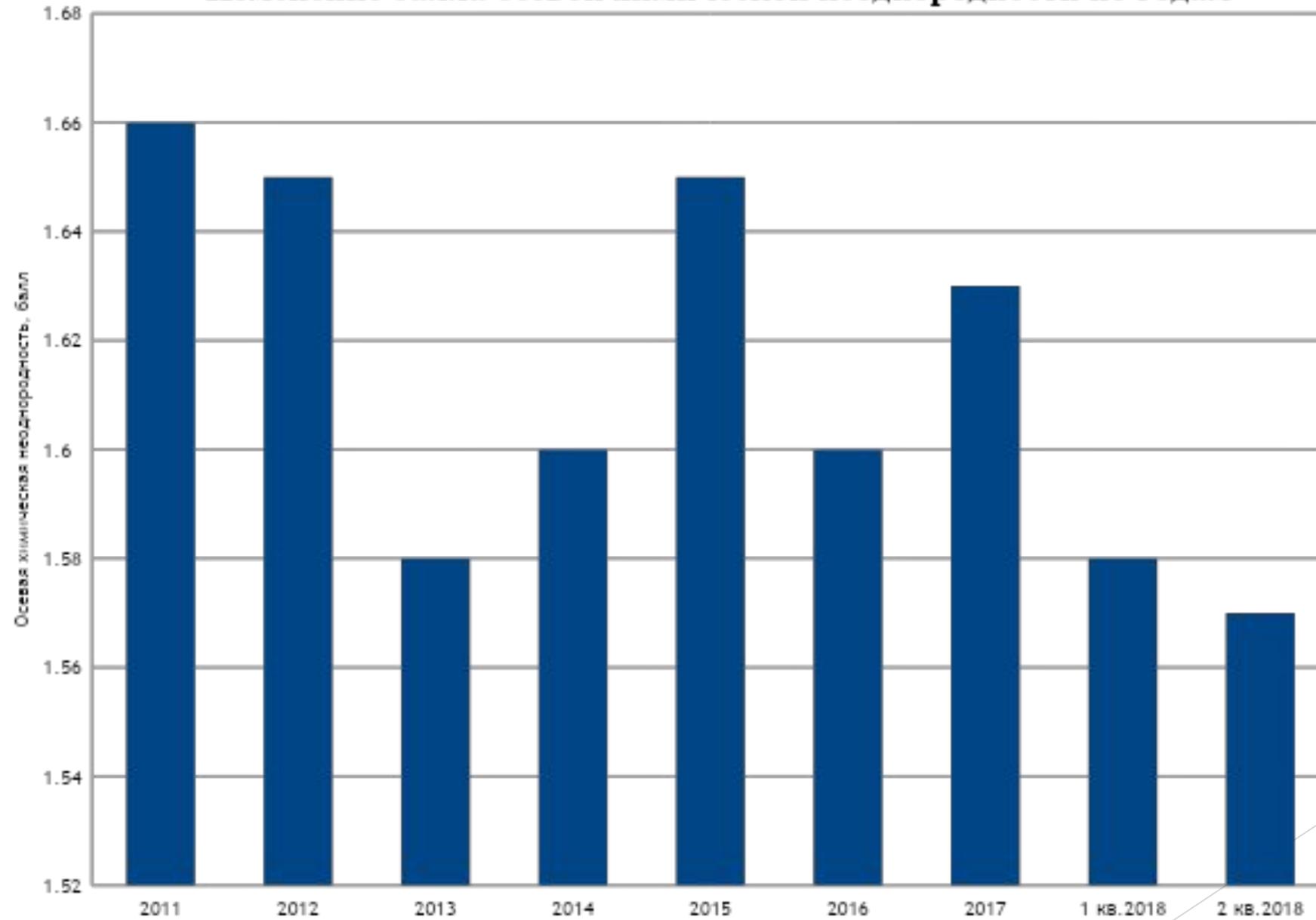
## Количественные данные неметаллических включений

Марка	№ плавки	Вид неметаллического включения (НВ)	Количество включений (НВ) по группам						Общее количество НВ	Процентное содержание, %
			1	2	3	4	5	6		
09Г2С	183172	оксиды	172	4	2	1	0	0	179	21,7
		сульфиды	642	1	0	1	0	1	645	78,3
	182253	оксиды	194	0	0	0	0	0	194	40,3
		сульфиды	287	0	0	0	0	0	287	59,7

# Макроструктура



## Изменение балла осевой химической неоднородности по годам



# Средний балл осевой химической неоднородности по годам

Год	Дефект макроструктуры, балл Осевая химическая неоднородность
2007	1,58
2008	1,49
2009	1,45
2010	1,45
2011	1,72
	1,71
	1,66
2012	1,65
2013	1,58
2014	1,60
2015	1,65
2016	1,60
2017	1,63
1 кв. 2018	1,58
2 кв. 2018	1,57

## Выводы

1. Согласно проведенных исследований отмечено, что образование трещин (расслоения) сопровождается значительным количеством оксидных и сульфидных включений в металле. Исследование образцов на растровом микроскопе в ФГАОУ «ЮурГУ НИУ», отобранных от листового проката стали марки 09Г2С с данным видом дефекта, показало, что преобладающими элементами сканирования являются сера и марганец.

2. По результатам проведенной оценки загрязненности металла неметаллическими включениями на оборудовании ЦЗЛ получены следующие средние значения:

- Оксиды точечные (ОТ) – 1,44 балла;
- Оксиды строчечные (ОС) – 0,5 балла;
- Силикаты недеформированные (СН) – 0,94 балла;
- Сульфиды (С) – 0,56 балла.

3. В результате мероприятий по улучшению качества и снижению загрязненности металла неметаллическими включениями средний балл по оценке осевой химической неоднородности (ОХН) снизился по сравнению с предыдущим периодом (2011 – 2017гг) и составил 1,58 балла.

1.

**Спасибо за  
внимание!**