

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ВЫКСУНСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»



Особенности производства стали марки 09Г2С для деталей, работающих в условиях высоких температур

Подготовил: Карпов Ф. И.
Руководитель: Марчук В. В.

Описание и характеристика стали марки 09Г2С

Химический состав стали марки 09Г2С по ГОСТ 19281-2014, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0,12	0,5 - 0,8	1,3 - 1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,010	до 0,3	до 0,08

Из этой марки стали изготавливаются элементы и детали сварных металлических конструкций, которые могут работать при температурах от -70 °С до +450°С. Лист 09Г2С используется и для производства листовых конструкций в нефтяной и химической промышленности, судостроении и машиностроении.

Влияние химического состава на механические свойства стали

Химический элемент	Свойство
C	Снижает пластичность, увеличивает твердость и прочность
Si	Снижает ударную вязкость способствует укрупнению зерна
Mn	Способствует упрочнению и снижает ударную вязкость, повышает сопротивление хрупкому разрушению
Ni	Придает стали высокую прочность и пластичность
Cr	Снижает пластичность и повышает прочность
S	Вредная примесь. Придает стали хрупкость при высоких температурах – красноломкость, понижает сопротивление усталости
P	Вредная примесь. Придает стали высокую хрупкость в холодном состоянии - хладноломкость
N, O	Снижают ударную вязкость

Роль микролегирования стали в получении необходимых свойств

Химический элемент	Свойство
V	Повышает твердость и прочность
Al	Повышает жаростойкость и окалиностойкость
Ti	Повышает прочность и плотность стали
Nb	Улучшает кислотостойкость и способствует повышению коррозионностойкости в сварных конструкциях
Mo	Увеличивает красностойкость, упругость, предел прочности на растяжение, антикоррозионные свойства и сопротивление окислению при высоких температурах
Ca	Модифицирование неметаллических включений

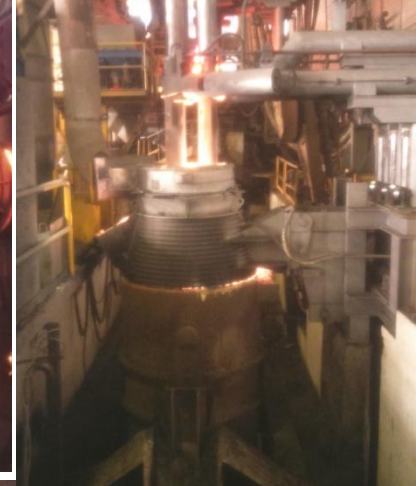
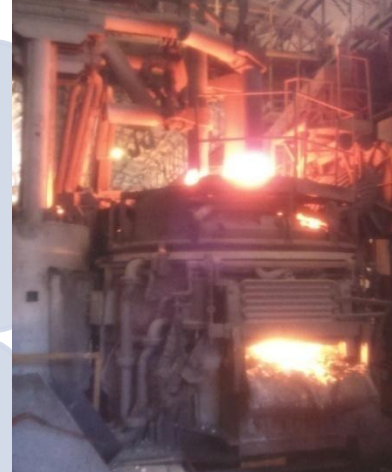
Традиционная технология производства стали 09Г2С на предприятии ОАО «Русполимет»

Выплавка
полупродукта в
печи ДСП-6

Внепечная
обработка стали на
АКП

Обработка стали в
вакууме

Разливка стали в
изложницы



Химический состав железуглеродистого полупродукта для производства стали марки 09Г2С, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,05	≤0,10	0,15-0,3	≤0,15	≤0,30	≤0,30	≤0,04	≤0,010

Технология шлакового режима

Шлакообразующая смесь в период становления технологии внепечной обработки стали

Известь, кг/т	Плавиковый шпат, кг/т	Алюминий, кг/т	Всего, кг/т
18	0,5	1,7	20,2

[S] =0,005-0,008 %; [N] =0,009-0,012 %

Шлакообразующая смесь после усовершенствования технологии внепечной обработки

Известь, кг/т	Плавиковый шпат, кг/т	Алюминий, кг/т	Всего, кг/т
30	4,8	3,2	38

[S]≤0,003%; [N] ≤0,010%

Средний химический состав шлака при ковшевой обработке стали марки 09Г2С, %

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO
50-60	7-11	25-35	0,5-1,0	4,5-8

Оценочный расчет коэффициента распределения серы между шлаком и металлом при базовой и усовершенствованной технологии

Формула определения серы в

$$S_{\text{ш}} = [S] \cdot (1 + 0,01 \cdot \text{Ш} \cdot \eta_s)$$

Где, $S_{\text{ш}}$ - содержание серы в шлаке;

$[S]$ - содержание серы в металле;

Ш - масса шлака, % к массе металла,

η_s - коэффициент распределения серы между шлаком и металлом.

Формула расчета кратности шлака:

$$\text{Ш} = \frac{(m_{\text{шл. см.}} + 5)}{1000} \times 100 \%$$

Где, $m_{\text{шл. см.}}$ - масса шлаковой смеси, кг/т;

Формула расчета коэффициента распределения серы между шлаком и металлом :

$$\eta_s = \frac{S_{\text{ш}}}{[S]}$$

Коэффициент распределения серы между шлаком и металлом при использовании базовой технологии ($[S]=0,006 \%$).

$$\text{Ш} = \frac{(20,2 + 5)}{1000} \times 100 \% = 2,52 \%$$

$$S_{\text{ш}} = 0,006 \cdot (1 + 0,01 \cdot 2,52 \cdot 5) = 0,082 \%$$

$$\eta_s = \frac{0,082}{0,006} = \underline{13,6}$$

Коэффициент распределения серы между шлаком и металлом при использовании усовершенствованной технологии ($[S]=0,003 \%$):

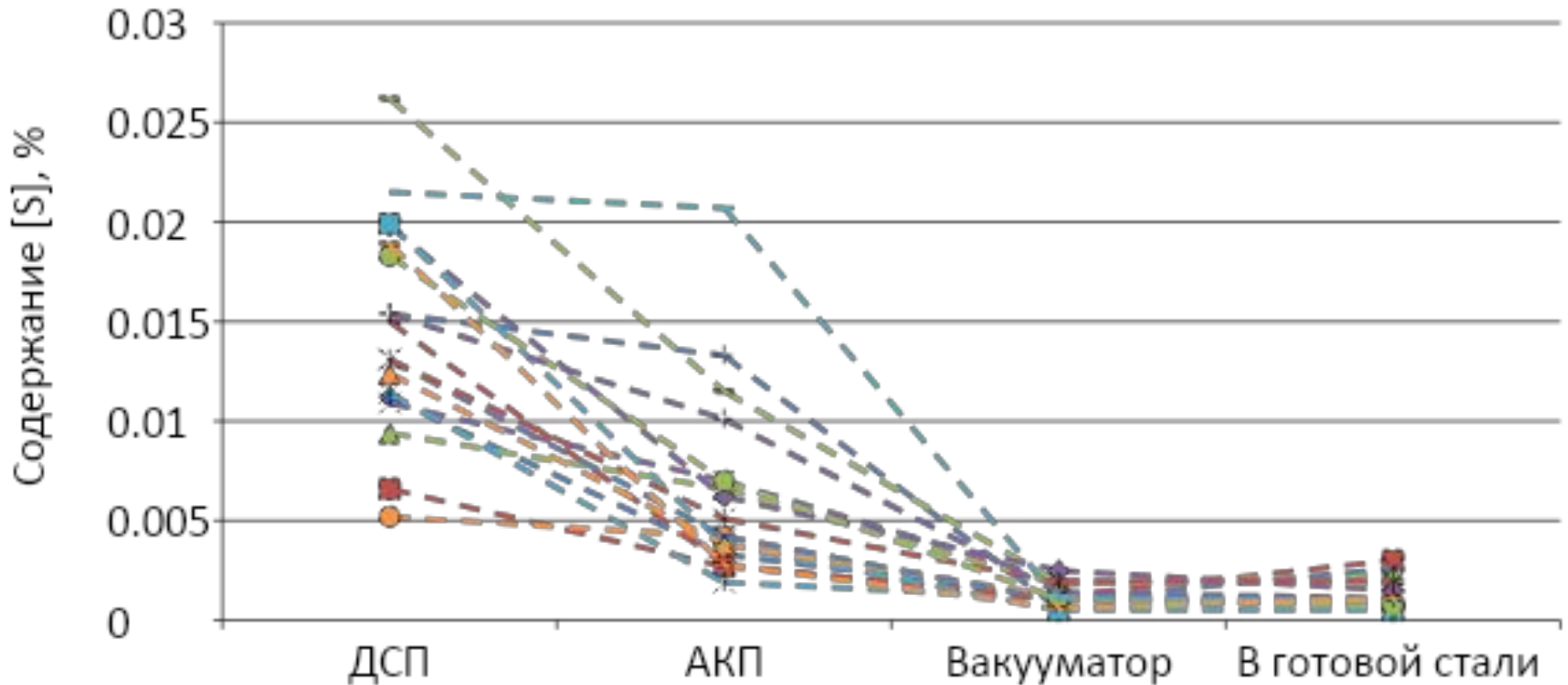
$$\text{Ш} = \frac{(38 + 5)}{1000} \times 100 \% = 4,3 \%$$

$$S_{\text{ш}} = 0,003 \cdot (1 + 0,01 \cdot 4,3 \cdot 5) = 0,068 \%$$

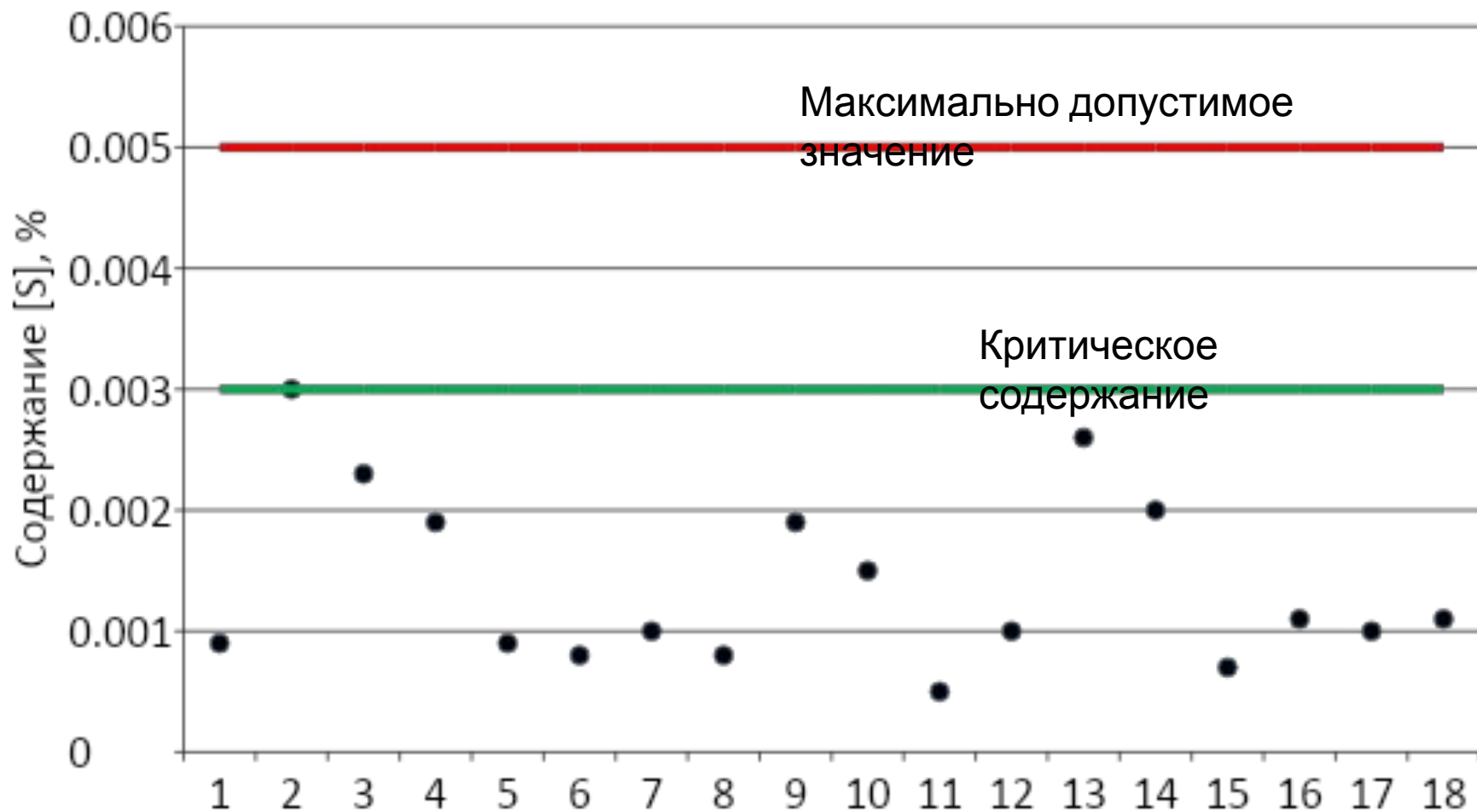
$$\eta_s = \frac{0,068}{0,003} = 22,5$$

Содержание серы на разных технологических стадиях производства стали марки 09Г2С

Содержание серы на разных технологических стадиях производства

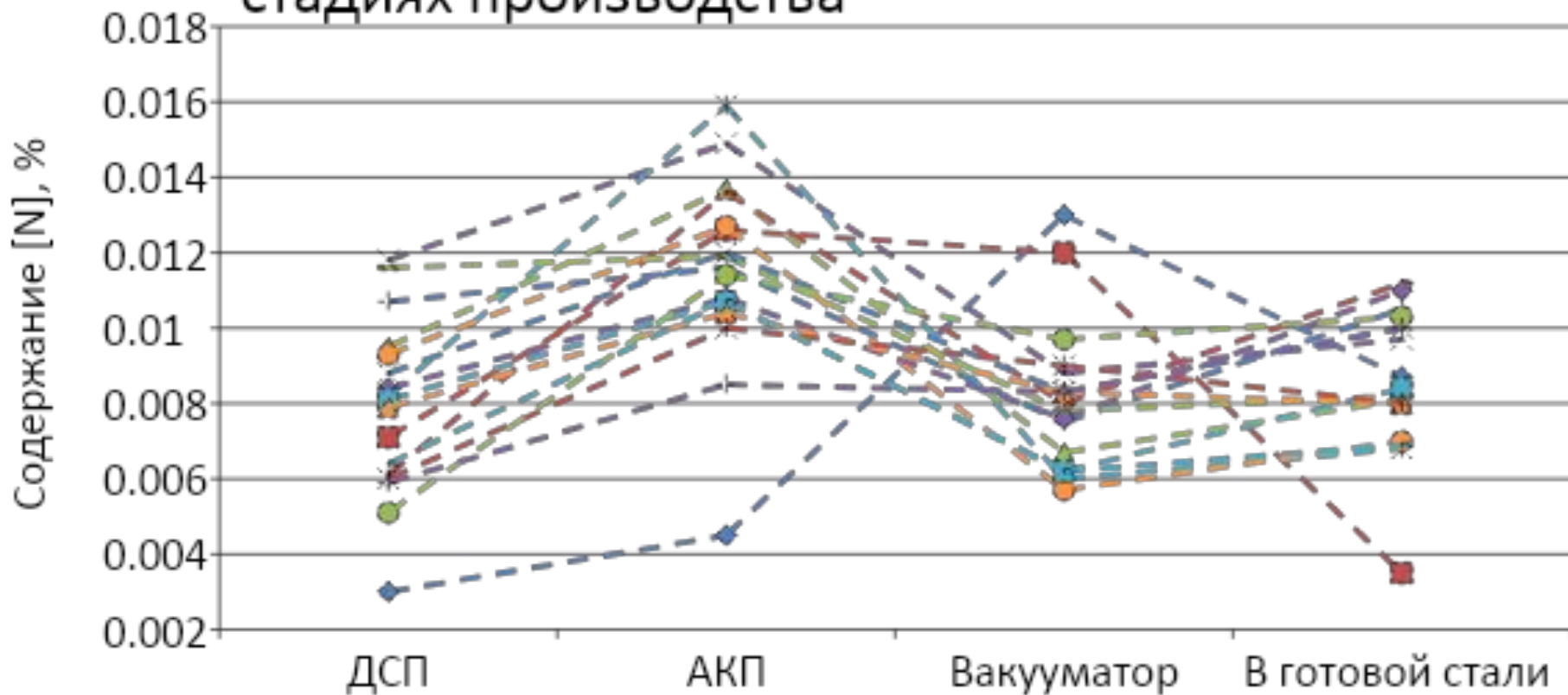


Содержание серы в готовой стали

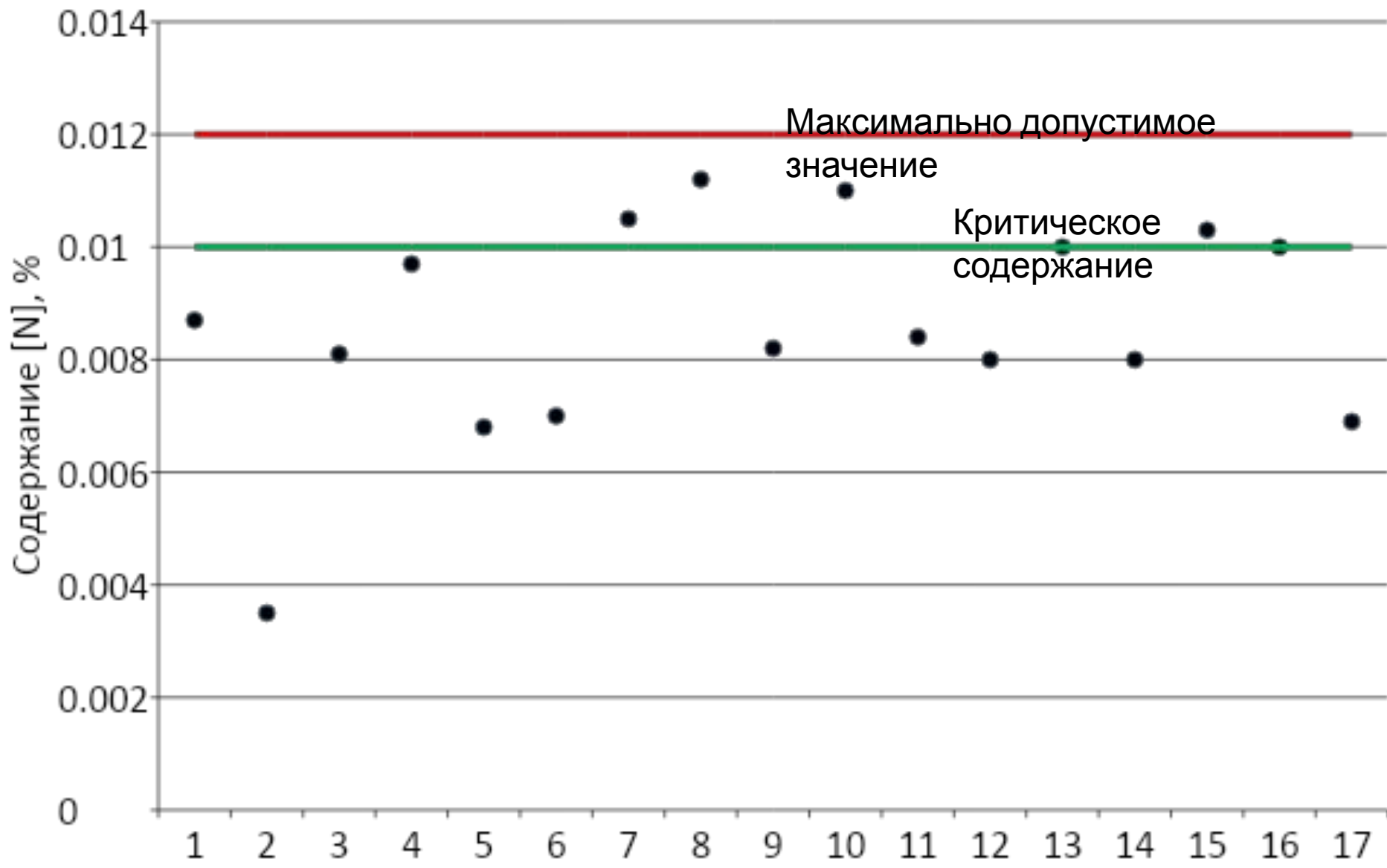


Содержание азота на разных технологических стадиях производства стали марки 09Г2С

Содержание азота на разных технологических стадиях производства

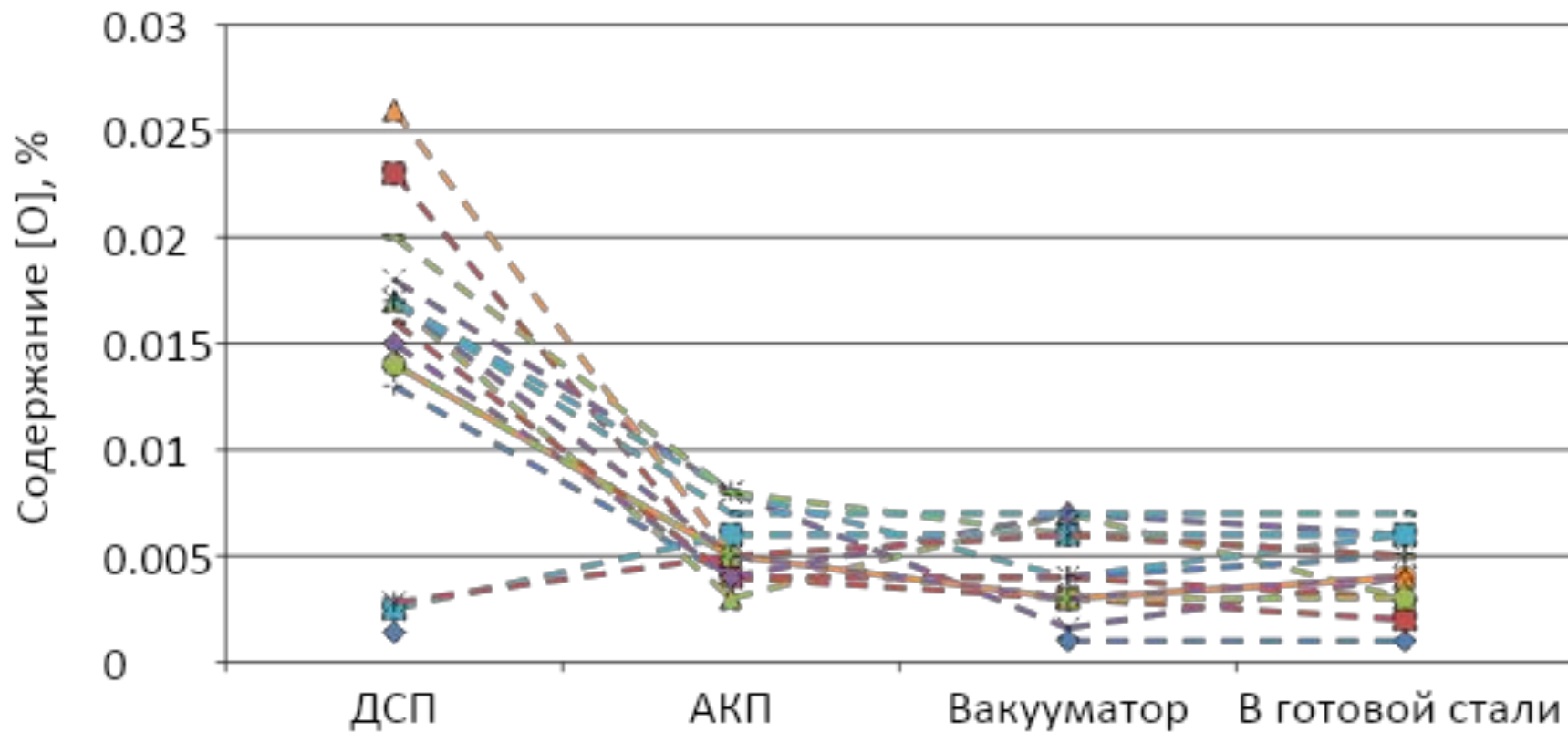


Содержание азота в готовой стали

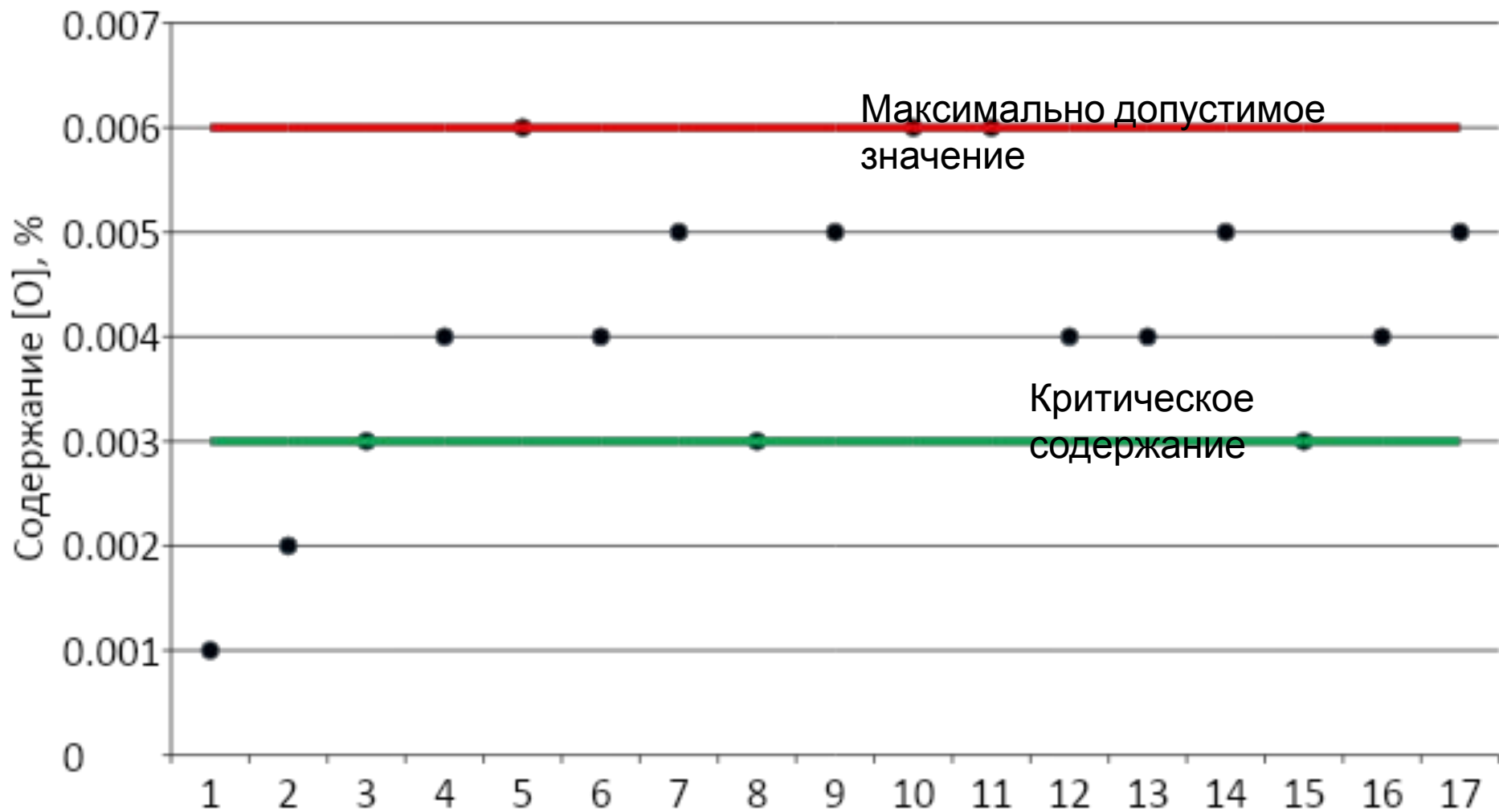


Содержание кислорода на разных технологических стадиях производства стали марки 09Г2С

Содержание кислорода на разных технологических стадиях производства

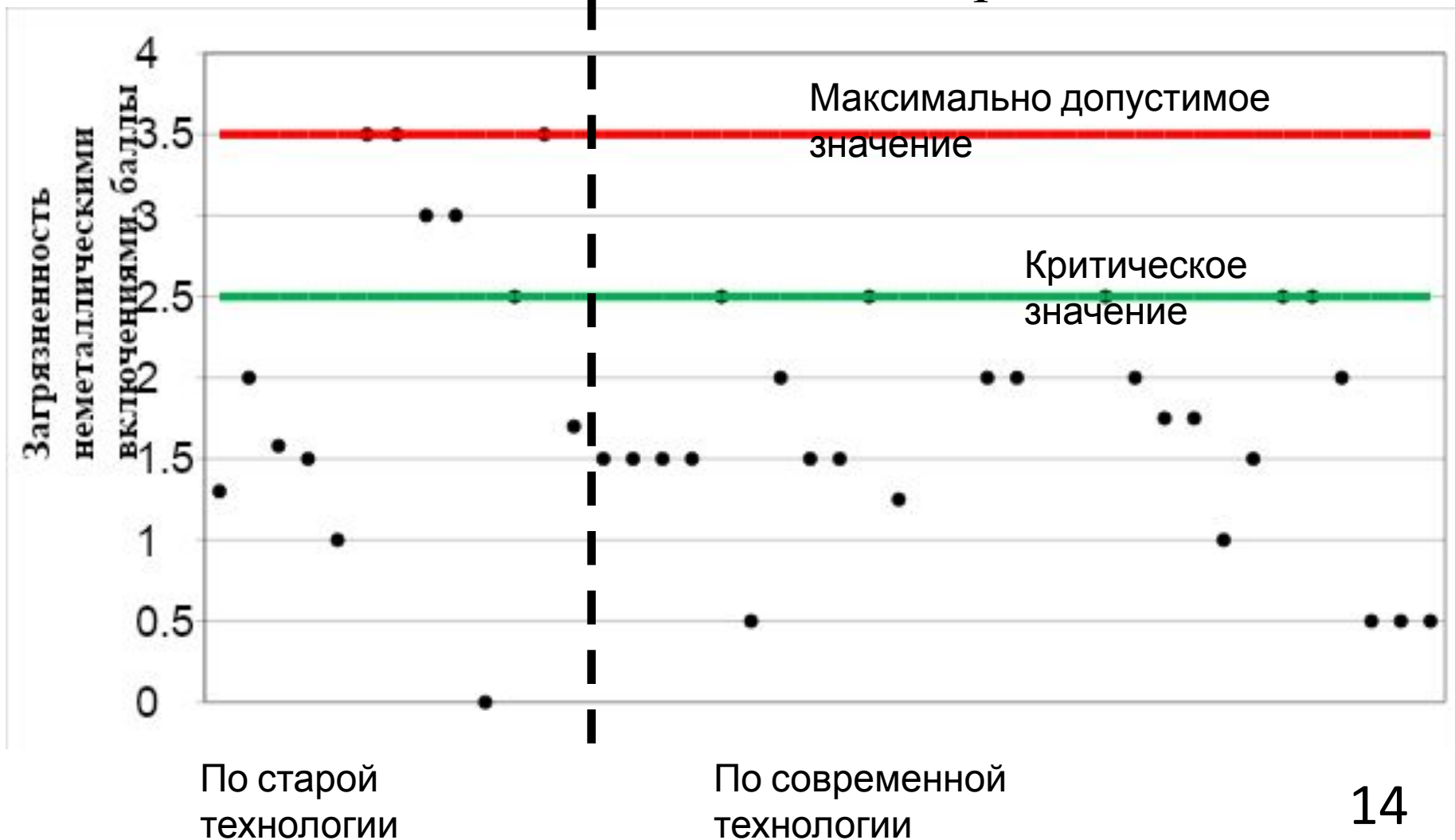


Содержание кислорода в готовой стали



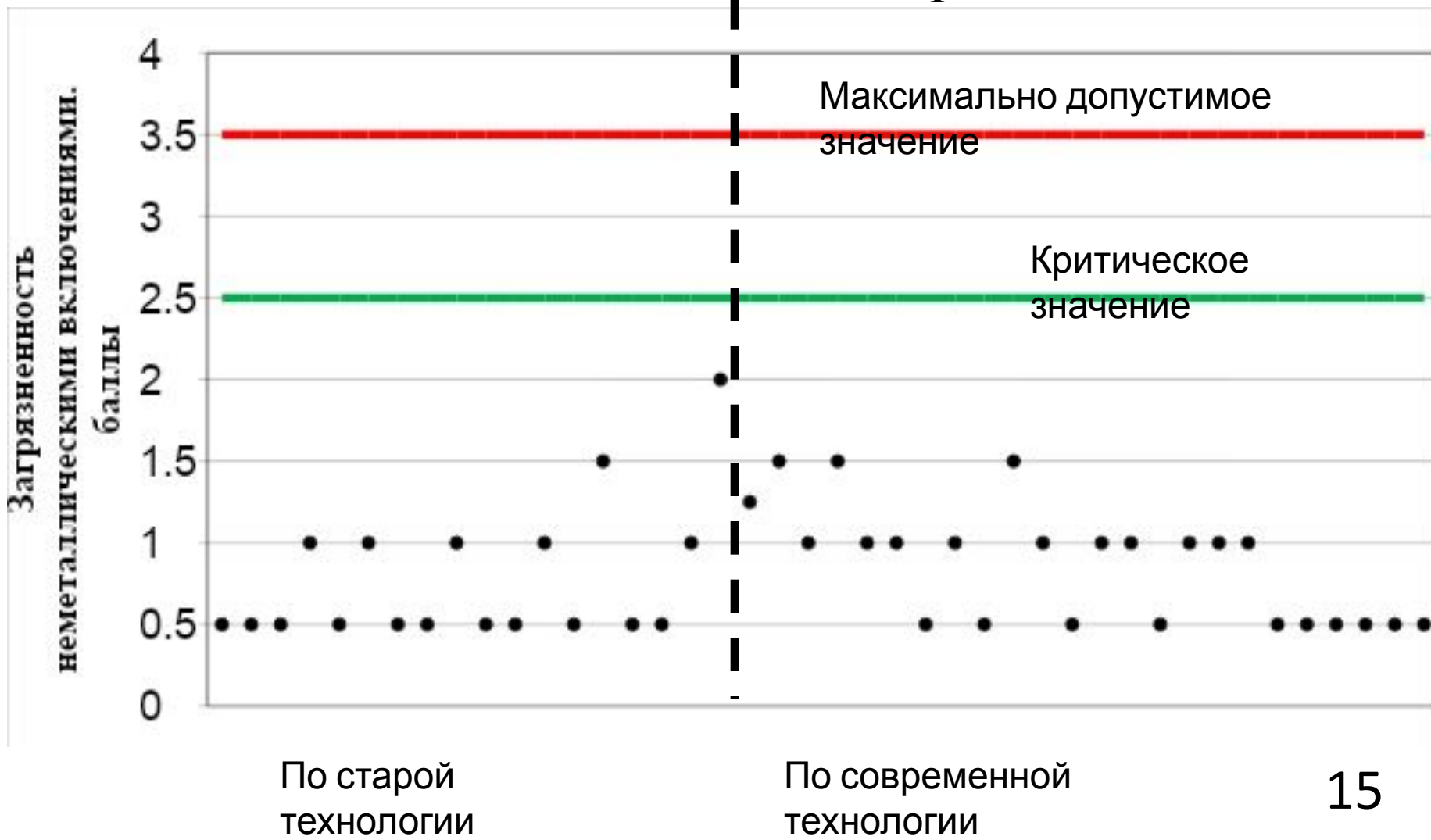
Неметаллические включения

Загрязненность стали силикатами по мере изменения технологии внепечной обработки



Неметаллические включения

Загрязненность стали оксидами по мере изменения технологии внепечной обработки



Вывод

Совершенствование технологии внепечной обработки стали 09Г2С позволило снизить ее загрязненность неметаллическими включениями до уровня менее 1,5 баллов, содержание серы и азота до 0,001-0,003 и 0,006-0,009 % соответственно.

В совокупности с микролегированием повышение чистоты металла позволило производить сталь для деталей, работающих в условиях высоких температур.

Спасибо за внимание!