

# І. Классификация применяемых сталей в общем и специальном машиностроении.

## **Классификация сталей имеющих фазовые $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$ превращения.**

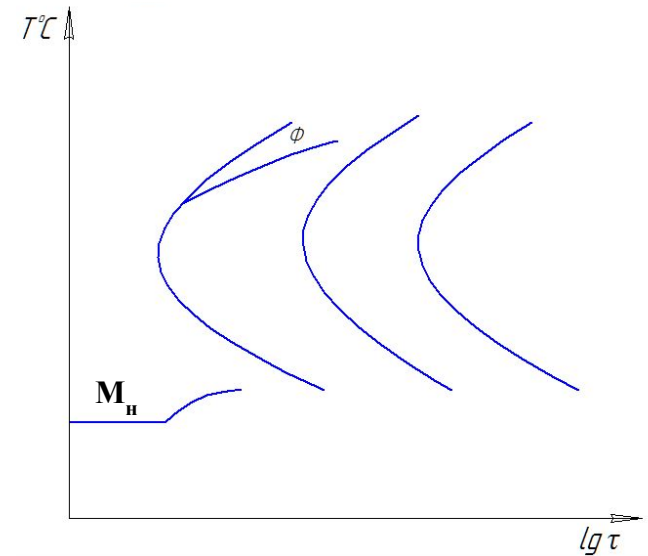
1. Низколегированные стали феррито-перлитного класса (до  $\sim 2,0\%$  легирования);
2. Среднелегированные стали феррито-бейнитного класса (до  $\sim 3,0 \div 3,5\%$  легирования);
3. Среднелегированные и повышенной легированности стали бейнито-мартенситного класса  
(до  $\sim 3,5 \div 5,0\%$  легирования и выше);
4. Класс  $10 \div 12\%$  хромистых сталей для крупных поковок типа ЭИ-802, ЭП-428.

Класс стали. Примеры марок стали.

Тип диаграммы превращения аустенита.

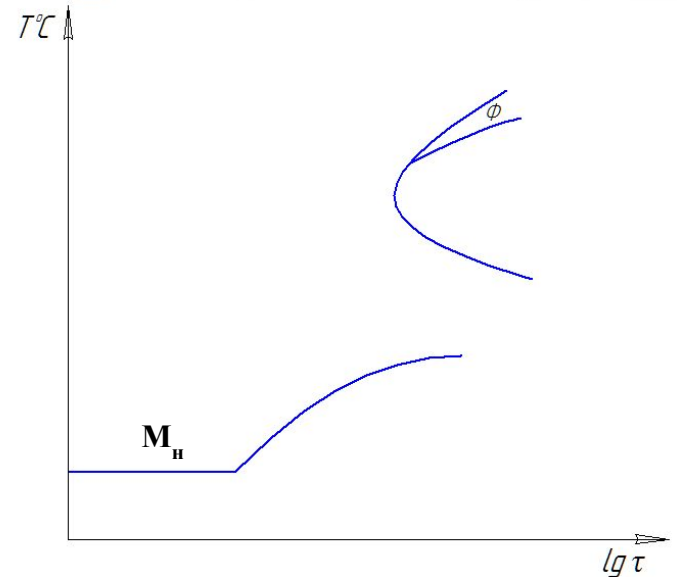
1. Низколегированные стали феррито-перлитного класса

3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 20К, 22К, 65Г, 22К-Ш, 22К-ВД, 09Г2С, 09Г2СА, 15ГС, 16ГС, 20ГС, 20Х, 40Х, 1.2ХМ, 12МХ, 15ХМ, 20ХМ А, 30ХМА, 38 ХМ, 35ХМ(Л), 35ХМФ, 35ХМ(Л), 38ХС, 30ХГСА, 12МХ, 38ХГИ, 40ХН, 38Х2МЮА, 08ГДНФ(Л), 45Х, 50Х



2. Среднелегированные стали феррито-бейнитного класса

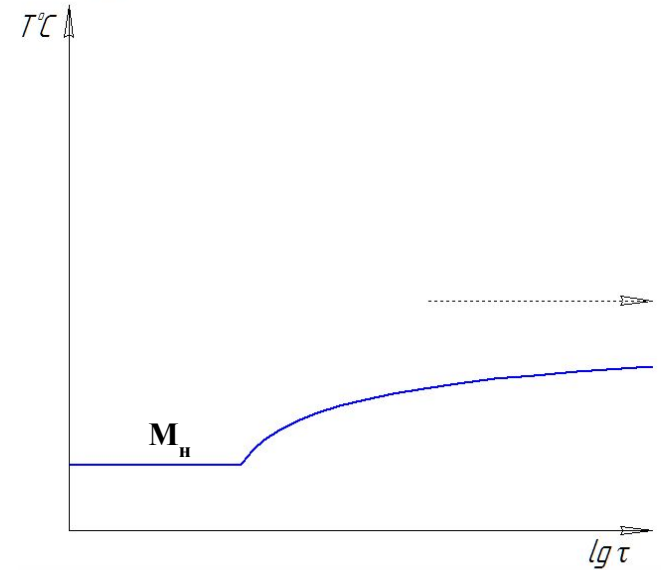
10Х2М, 10Х2М-ВД, 10Х2М1А(А), 22Х3М, 14Х2ГМР, 12Х1М1Ф, 15Х1М1Ф, 25Х1М1Ф, 25Х1МФ, 10ГН2МФА, 14ГНМА, 16ГНМА, 34Х1М(А), 34ХН3М(А), 35ХН2МЛ, 40ХН2М(А), 5ХНМ, 5ХНМ2, 35ХН2ВЛ, 34CrNiMo6



Класс стали. Примеры марок стали.

Тип диаграммы превращения аустенита.

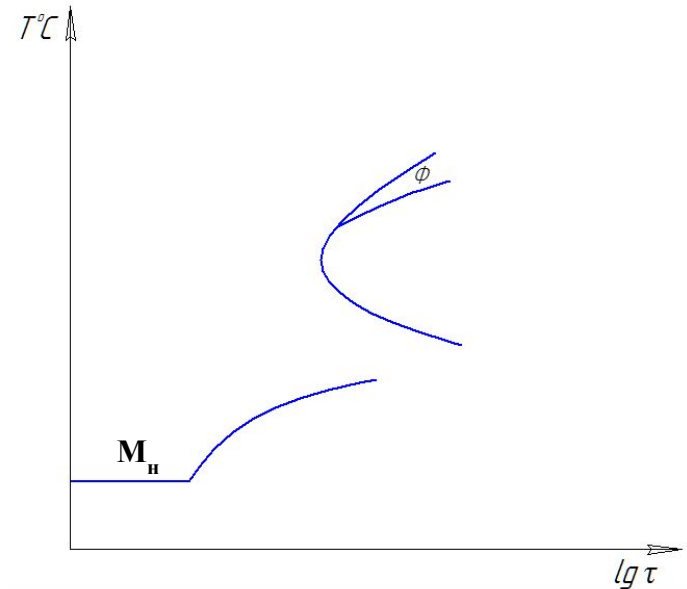
3. Среднелегированные и повышенной легированности стали бейнито - мартенситного класса  
26ХНЗМ2ФА, 35ХНЗМФА, 38ХНЗМФА,  
38Х2Н2МА, 26CrNiMo145.



4. Класс 10÷12% хромистых сталей для крупных поковок  
ЭИ-428 (20Х12ВНМФ),  
ЭИ-802 (15Х12ВНМФ),  
20Х12Н2В2МФ, 16Х11Н2В2МФ,  
18Х11МНФБ.

*Примечание.*

По классификации – бейнито-мартенситного класса, в реальных условиях – присутствует феррит.



## Классификация сталей аустенитного класса.

- **Хромо-никелевые низкопрочные стали типа 12X18H10T;**  
( $\sigma_{0,2} \leq 300$  МПа).

*Хим. состав 12X18H10T*

<b>C</b>	<b>Cr</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Si</b>	<b>Ti</b>
$\leq 0,12$	17-19,0	Осн.	$\leq 2,0$	9-11,0	$\leq 0,035$	$\leq 0,020$	$\leq 0,8$	5·C-0,8

- **Марганцовистые стали средней и повышенной прочности, в т.ч. с карбидным упрочнением типа 45Г17ЮЗ + V (Ф).**

*Хим. состав 45Г17ЮЗ*

<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Al</b>	<b>V</b>
0,40-0,50	16,0 -18,0	0,60	0,03	0,04	0,50	0,5	2,40-3,60	-

## Классификация сталей аустенитного класса.

- **Стали марганцево-никелевой композиции средней и высокой прочности с нитридным и карбонитридным упрочнением ((НН-3Б) НС-5Т, АС-1);**

*Хим. состав НН-3Б (0Х18Н5Г12АБ)*

<b>С</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Cr</b>	<b>V</b>	<b>N</b>	<b>-</b>
≤ 0.08	≤ 0.8	11.5-13.5	4.5 - 5.5	≤ 0.03	≤0.045	18 - 19.5	0.2 - 0.35	0.45 - 0.52	Nb+Ta=0.8-1.1

- **Стали регулируемой прочности, дисперсионно-стареющие, образующие марганцево-никелевый аустенит и упрочняющиеся за счет старения при выделении карбидной фазы (карбиды Мо и V) при температурах старения (600÷750°С).**

*Хим. Состав 40Г7Н13МД2Ф*

<b>С</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Mo</b>	<b>V</b>
0,37-0,42	6,5 -7,5	≤0,30	≤0,01	≤0,025	≤0,30	12,8-14,2	0,60-1,00	1,00-1,40

## II. Кристаллизация слитка и его строение.

Строение стального слитка:

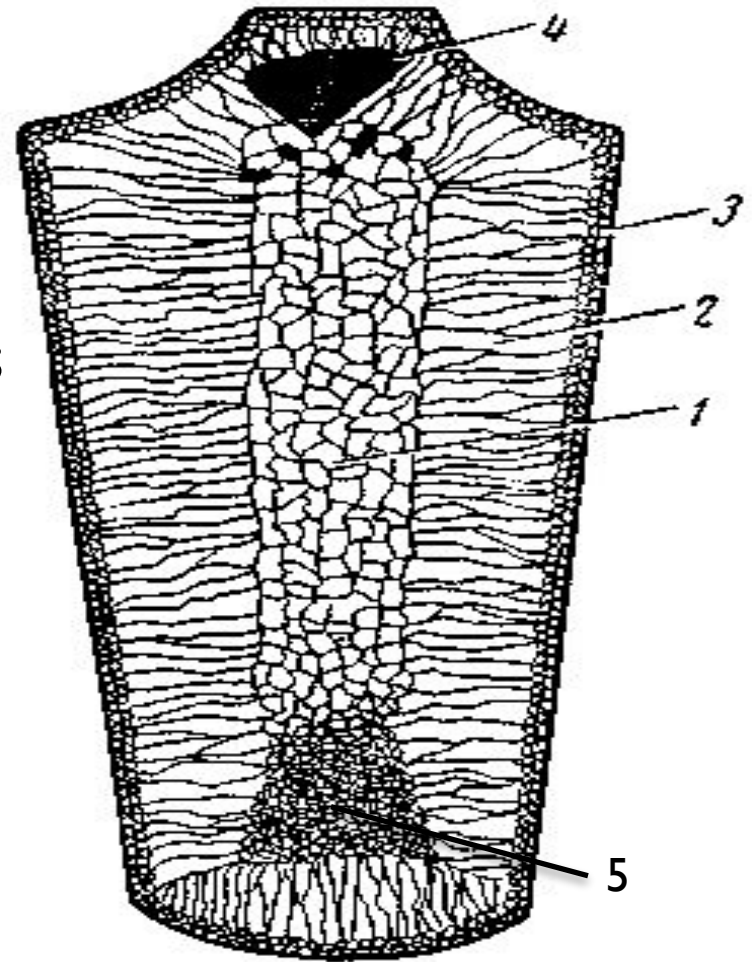
1 – крупные равноосные кристаллы;

2 – столбчатые кристаллы;

3 – мелкие равноосные кристаллы;

4 – усадочная раковина.

5 – конус осаджения



### **III. Формирование структурных зон слитка**

**Первая зона-** корковая зона, внешний слой слитка.

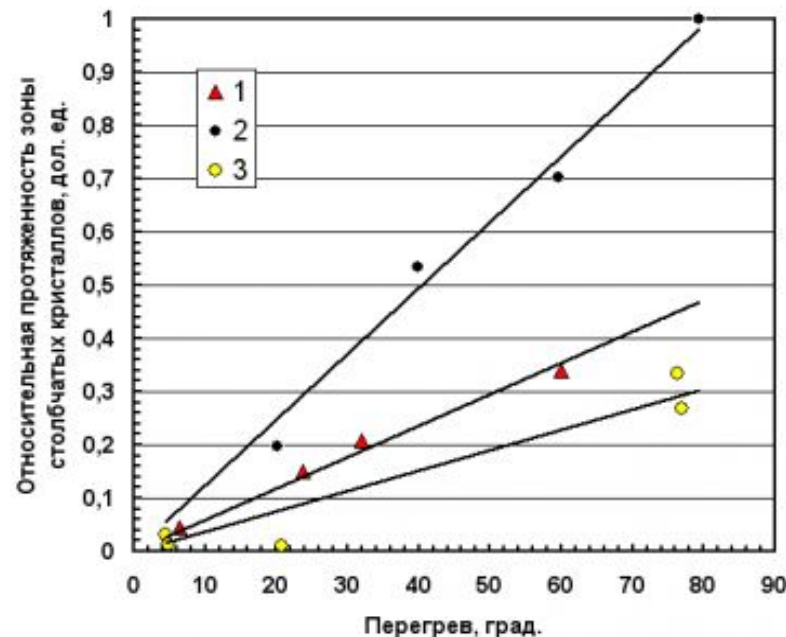
**Вторая зона** - слой крупных, ориентированных кристаллов, называемых столбчатыми.

**Зависимость протяженности зоны столбчатых кристаллов от перегрева расплава над температурой ликвидус перед разливкой:**

**1 - латунные слитки;**

**2 - стальные слитки;**

**3 - алюминиевые слитки**



**Третьей структурная зона слитка** - зоны крупных, равноосных, неориентированных кристаллов.

**Конус осаднения** - Конусообразная зона в нижней придонной части слитка.

## **IV. Дефекты стальных слитков**

Дефекты или пороки стальных слитков разделяются на **естественные и технологические.**

### **Естественные:**

- Усадочная рыхлость
- Осевая (центральная) пористость или рыхлость
- Газовые пузыри
- Внутренние пузыри в слитках спокойной стали
- Рослость слитков спокойной стали
- Подкорковые пузыри
- Ликвация (дендритная и зонная)

### **Технологические:**

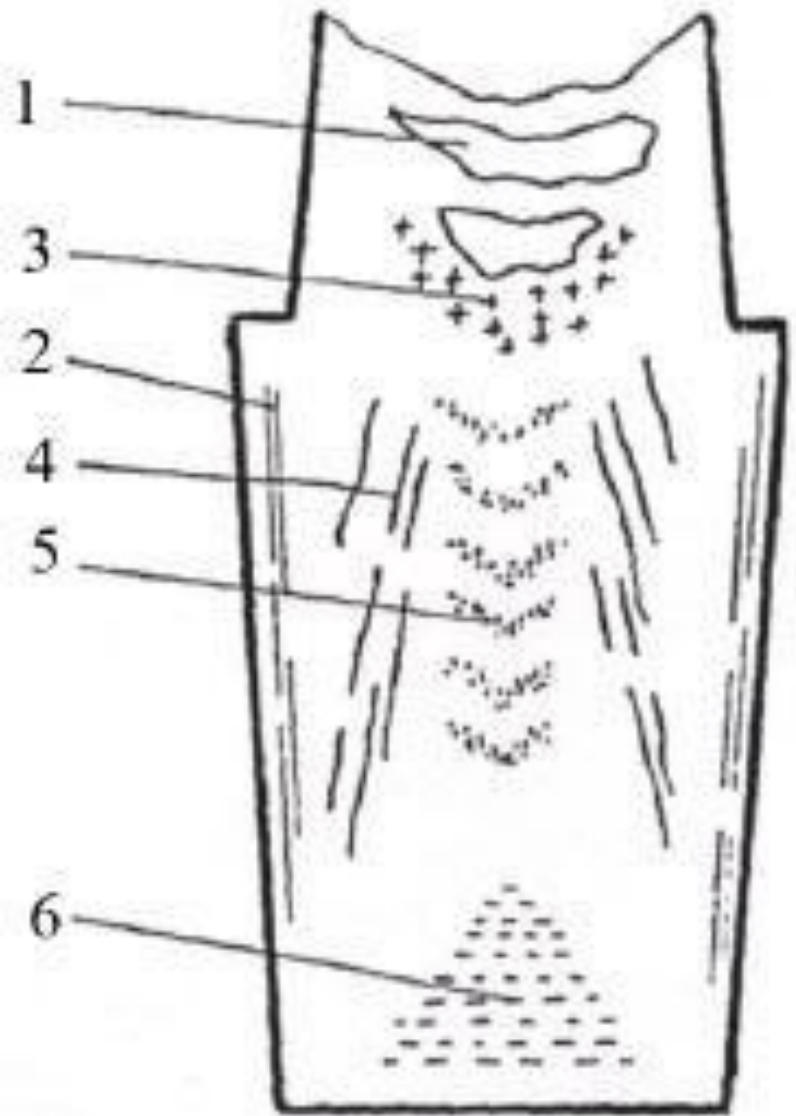
- Внутренние трещины
- Плены.
- Заворот корки.

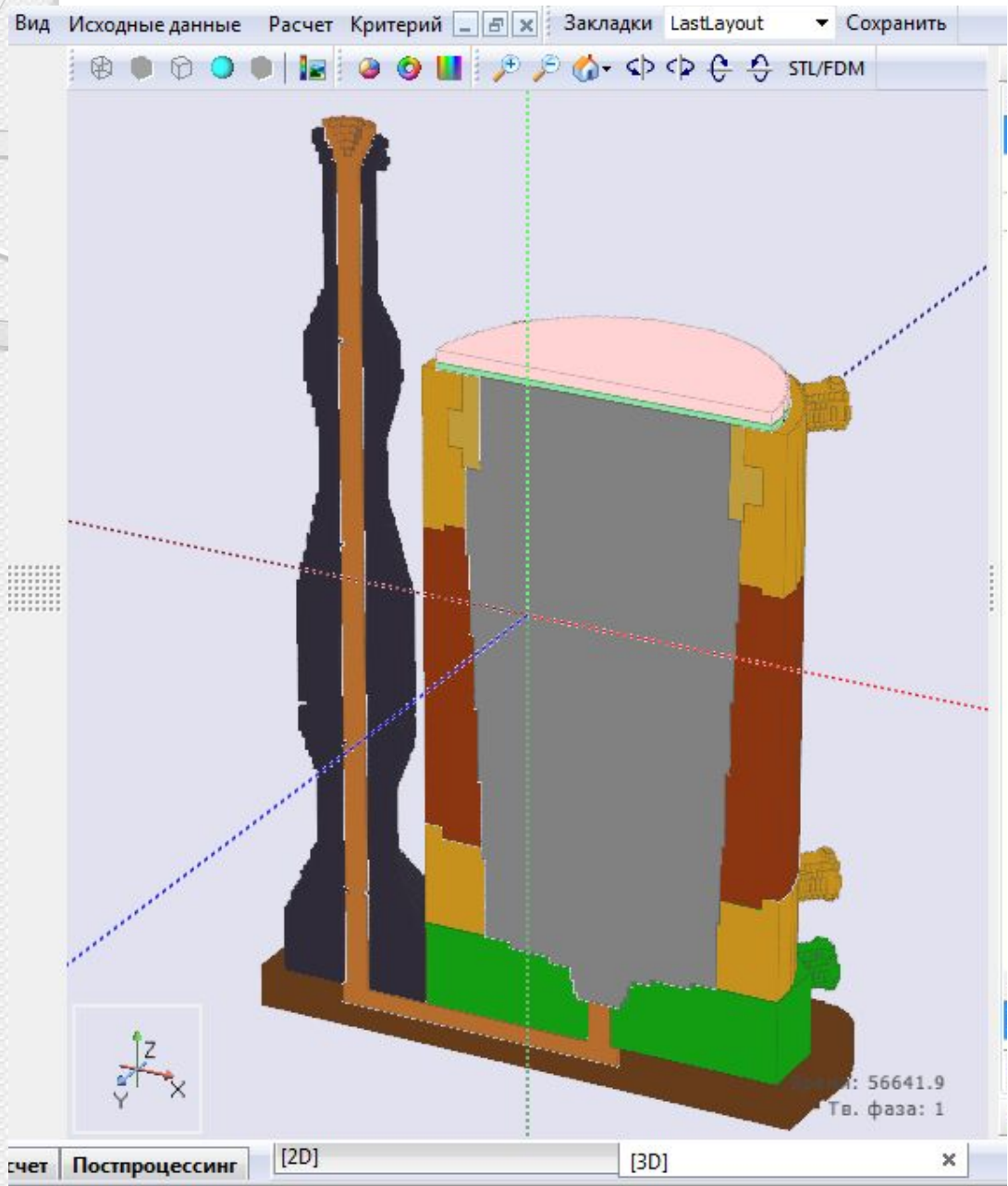


## **V. Ликвационные явления в стальном слитке**

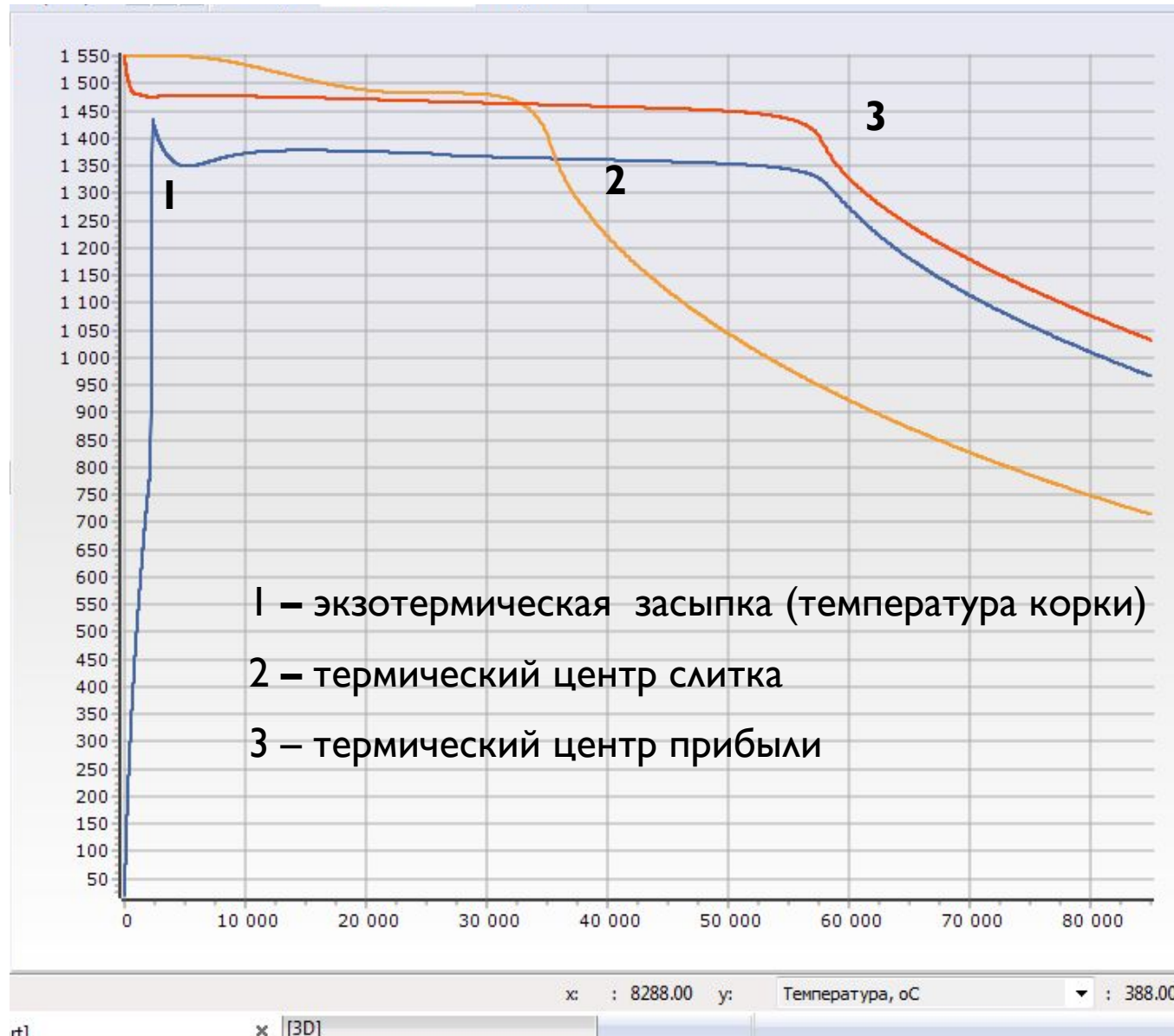
**Схематическое расположение  
основных видов дефектов в  
крупном слитке:**

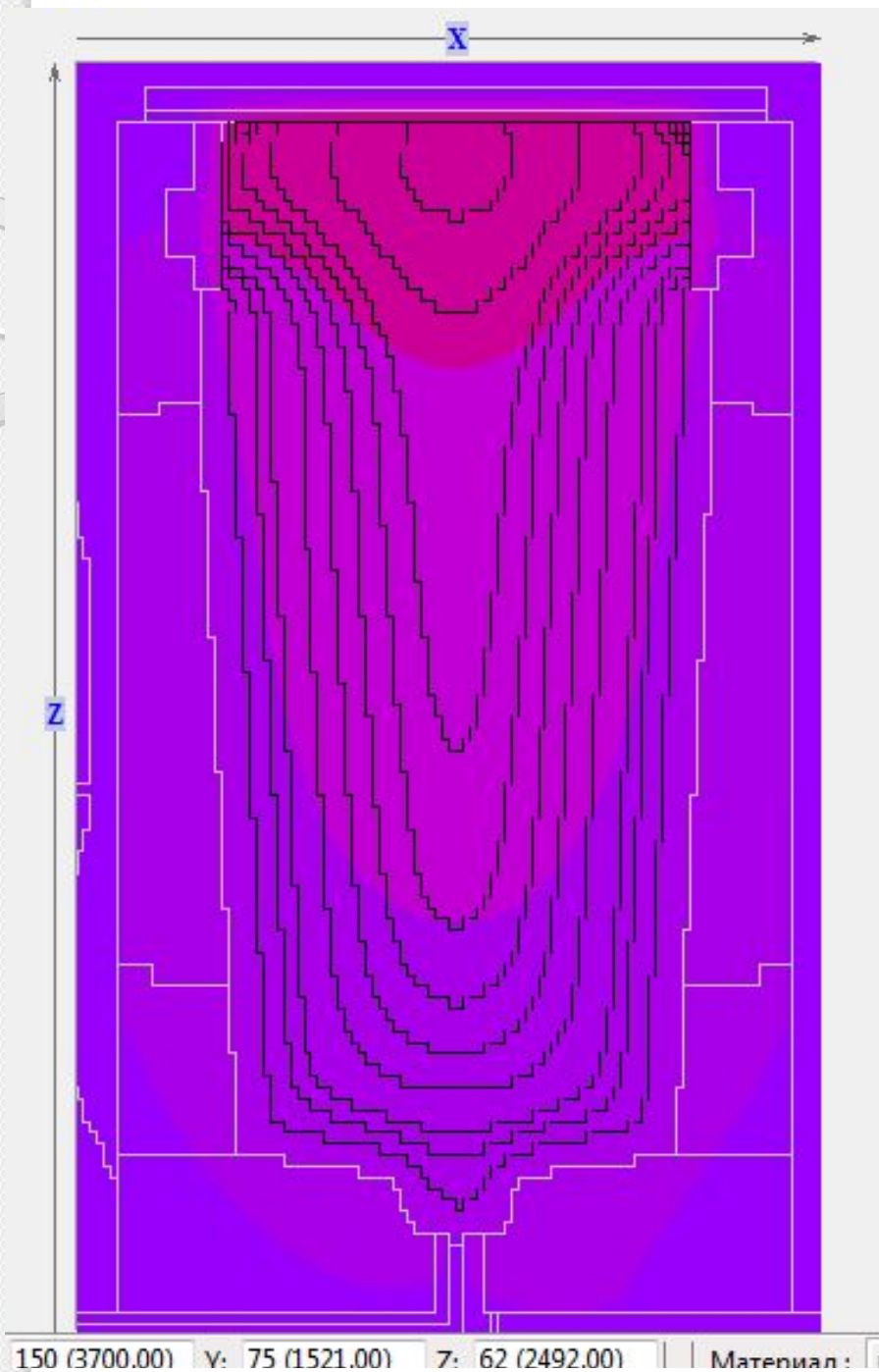
- 1 - усадочная раковина;**
- 2- полосчатость;**
- 3 - подсадочная ликвация  
(ликвационное пятно);**
- 4 - внецентренная (А-образная)  
ликвация;**
- 5 - осевая (V-образная) ликвация;**
- 6 - конус осаждения**





Литейная оснастка  
для изготовления  
слитка  
(осевое сечение)

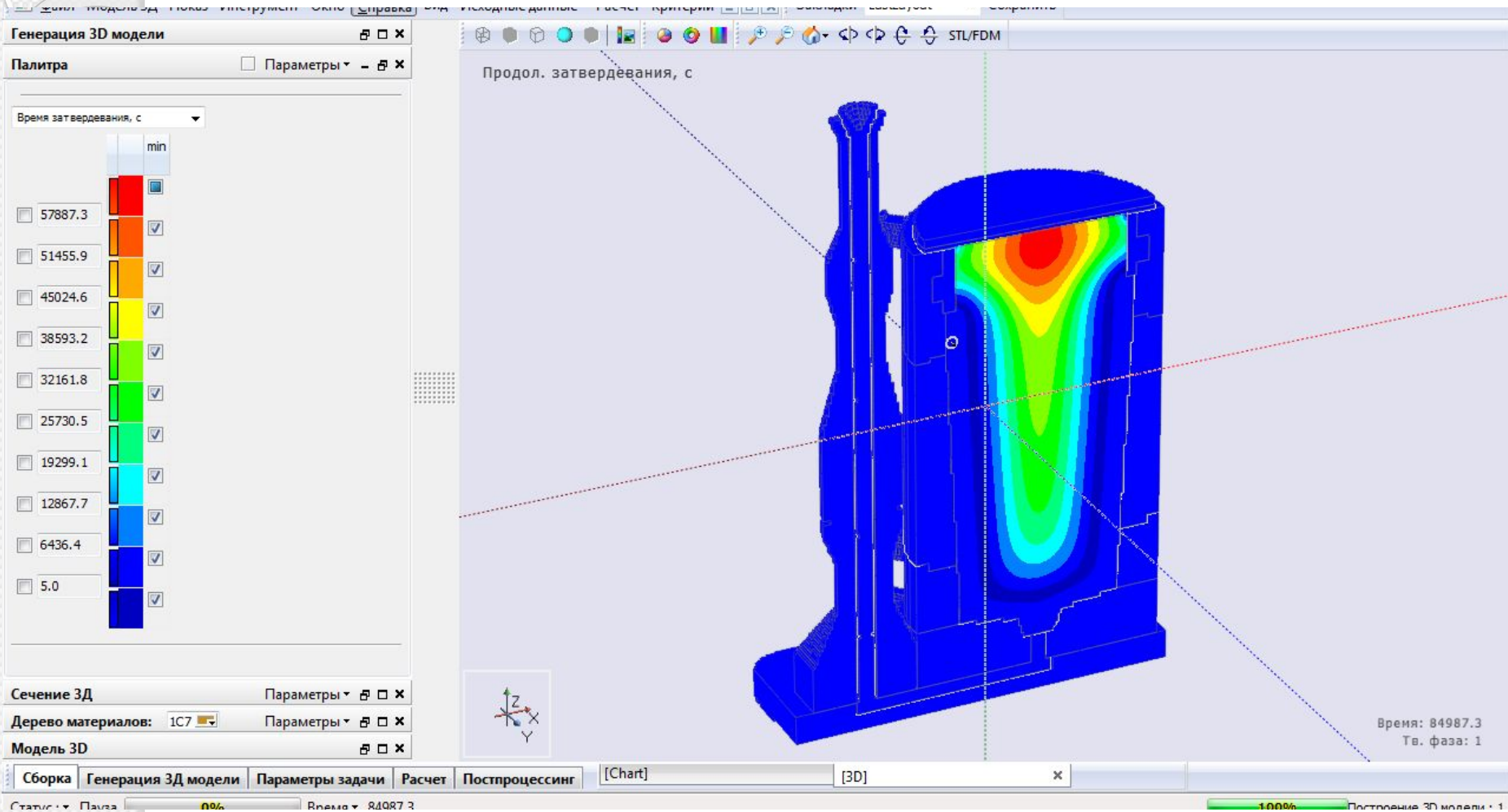




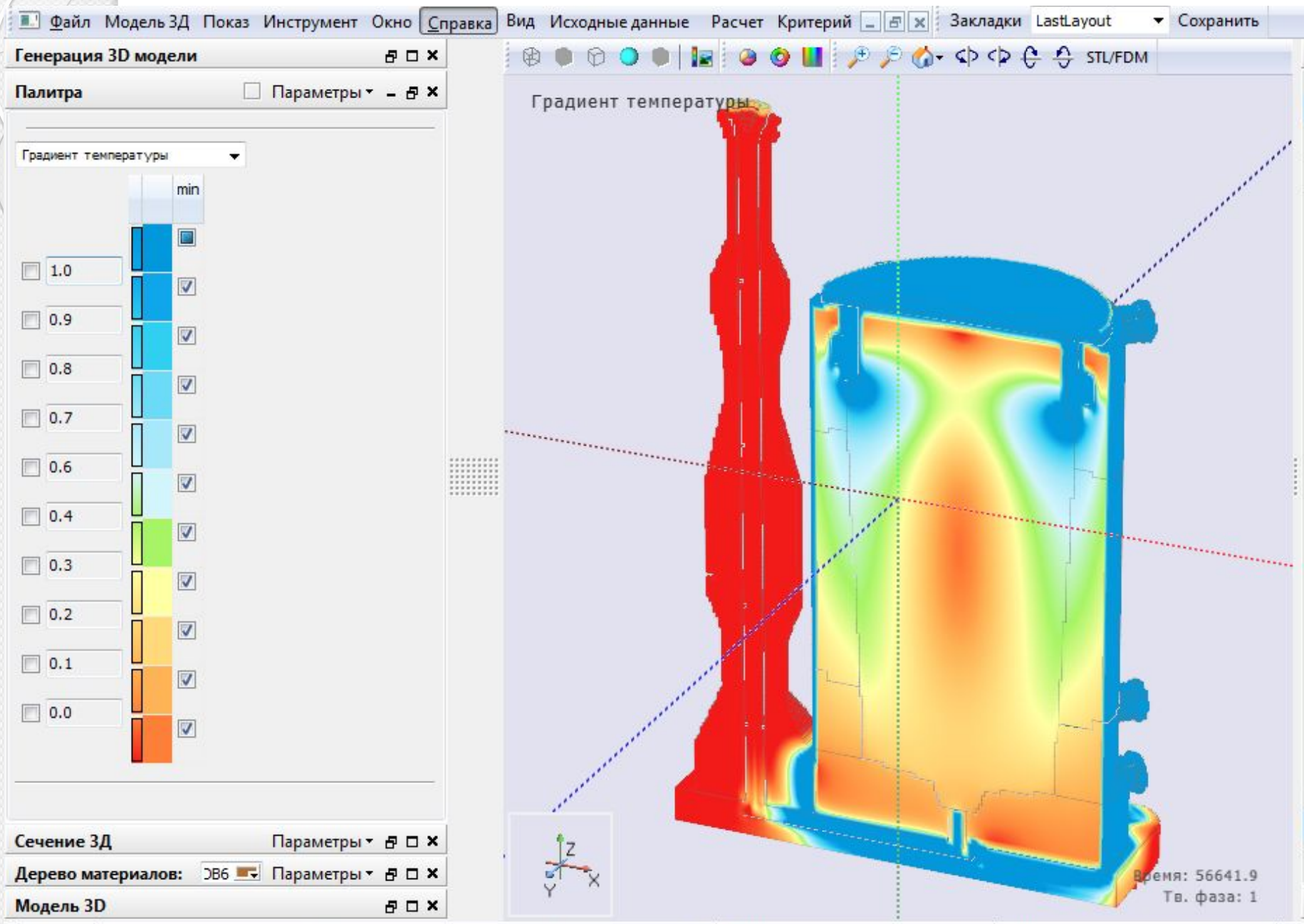
Кинетика перемещения  
изотермы солидуса  
в осевом сечении  
затвердевающего слитка

# Распределение продолжительности затвердевания

# в осевом сечении слитка



# Распределение градиента температуры (К/мм) по окончании затвердевания



# Распределение усадочных дефектов

Файл Модель 3D Показ Инструмент Окно Справка Вид Исходные данные Расчет Критерий Закладки LastLayout Сохранить

Генерация 3D модели

Палитра  Параметры

Пористость

Пористость	Состояние
min	<input checked="" type="checkbox"/>
1.000	<input checked="" type="checkbox"/>
0.800	<input checked="" type="checkbox"/>
0.700	<input checked="" type="checkbox"/>
0.600	<input checked="" type="checkbox"/>
0.500	<input checked="" type="checkbox"/>
0.400	<input checked="" type="checkbox"/>
0.300	<input checked="" type="checkbox"/>
0.200	<input checked="" type="checkbox"/>
0.100	<input checked="" type="checkbox"/>
0.000	<input checked="" type="checkbox"/>

Сечение 3D Параметры

Дерево материалов: DB6 Параметры

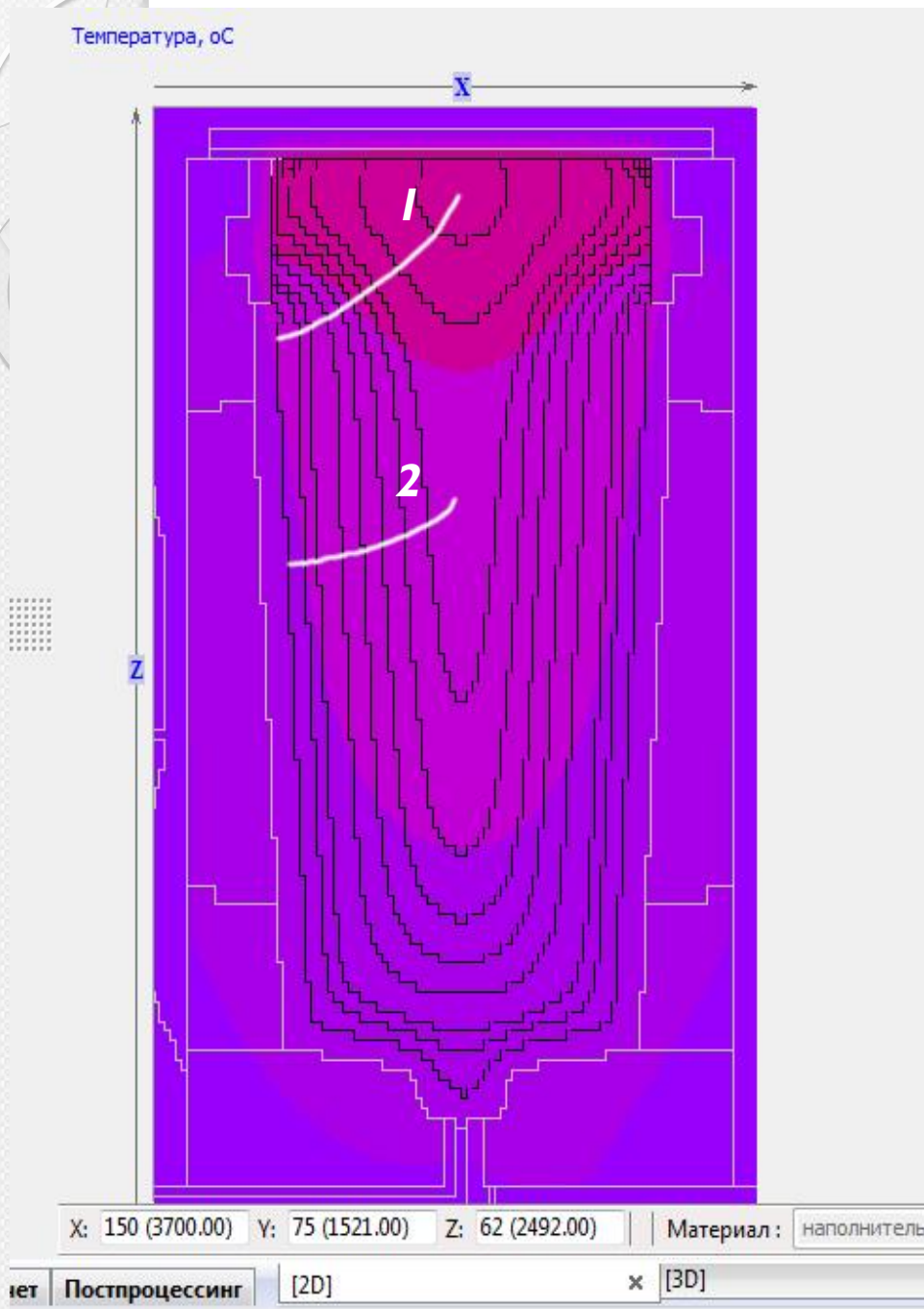
Модель 3D

Пористость

Время: 56641.9  
Тв. фаза: 1

Сборка Генерация 3D модели Параметры задачи Расчет Постпроцессинг [2D] [3D]

Статус: Расчет завершен 0% Время: 56641.9



Траектории движения условного фронта кристаллизации (контрольные точки 1 и 2) при последовательном затвердевании слитка



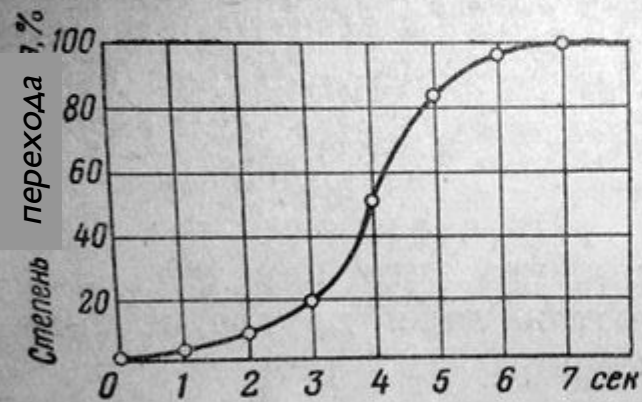


Рис. 24. Кинетическая кривая кристаллизации



Рис. 25. Скорость роста кристаллов (с. к.) и скорость зарождения центров кристаллизации (ч. ц.) в зависимости от степени переохлаждения

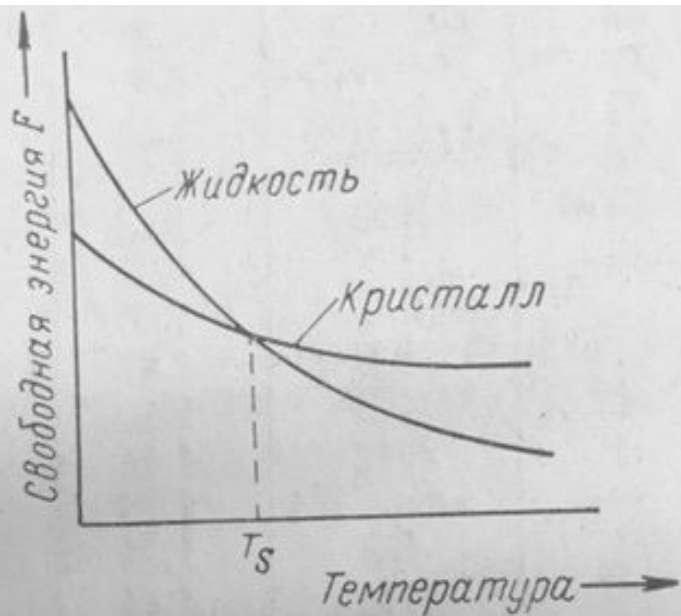


Рис. 21. Изменение свободной энергии жидкого и кристаллического состояния в зависимости от температуры (схема)

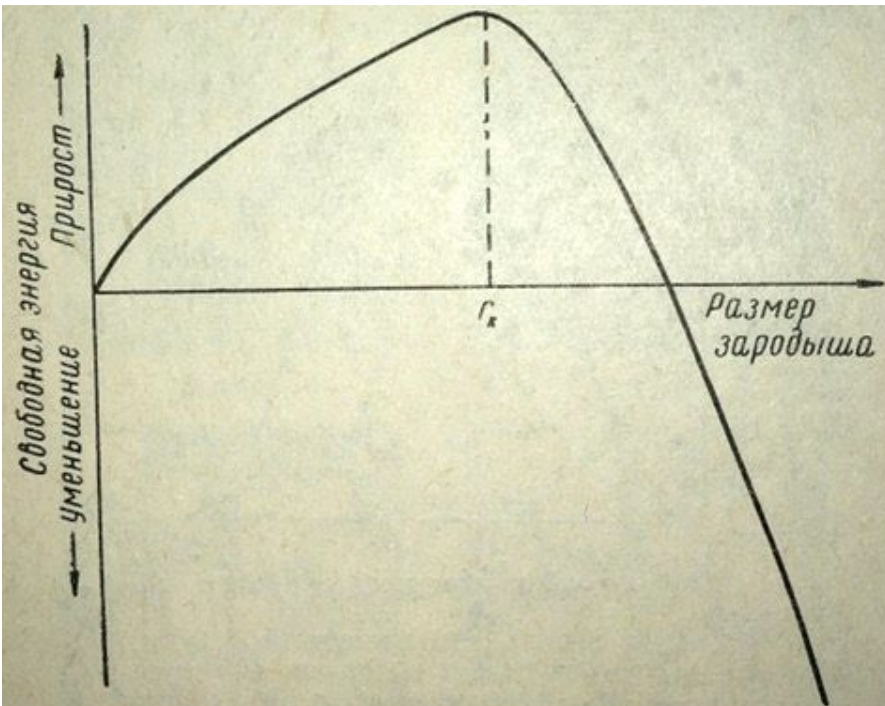


Рис. 26. Изменение свободной энергии в зависимости от размера зародыша

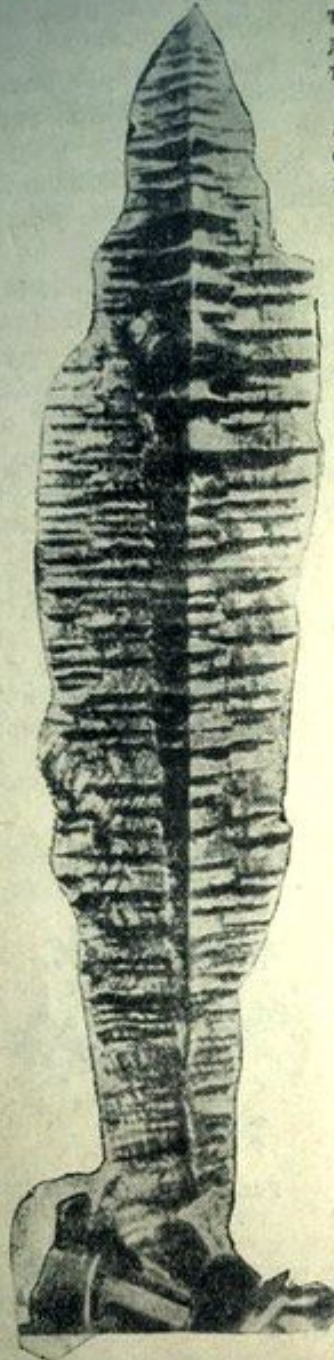


Рис. 28. Кристалл Чернова.  
×1/2

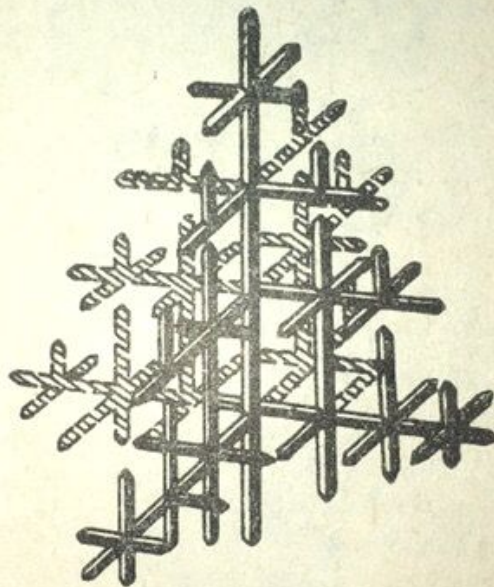


Рис. 27. Схема дендрита  
(Д. К. Чернов)

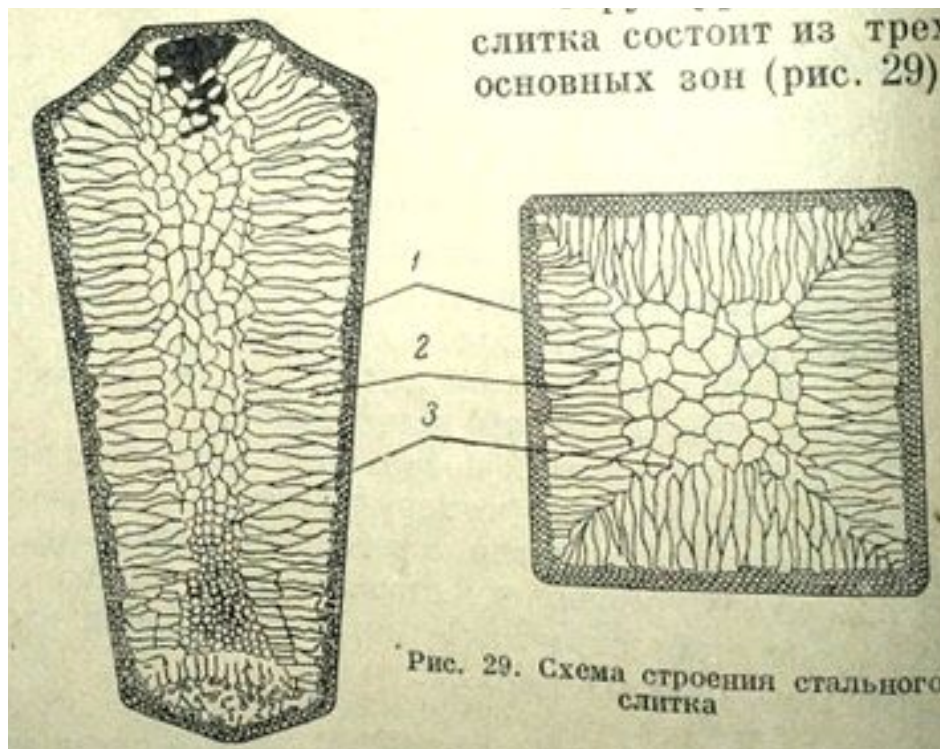


Рис. 29. Схема строения стального слитка

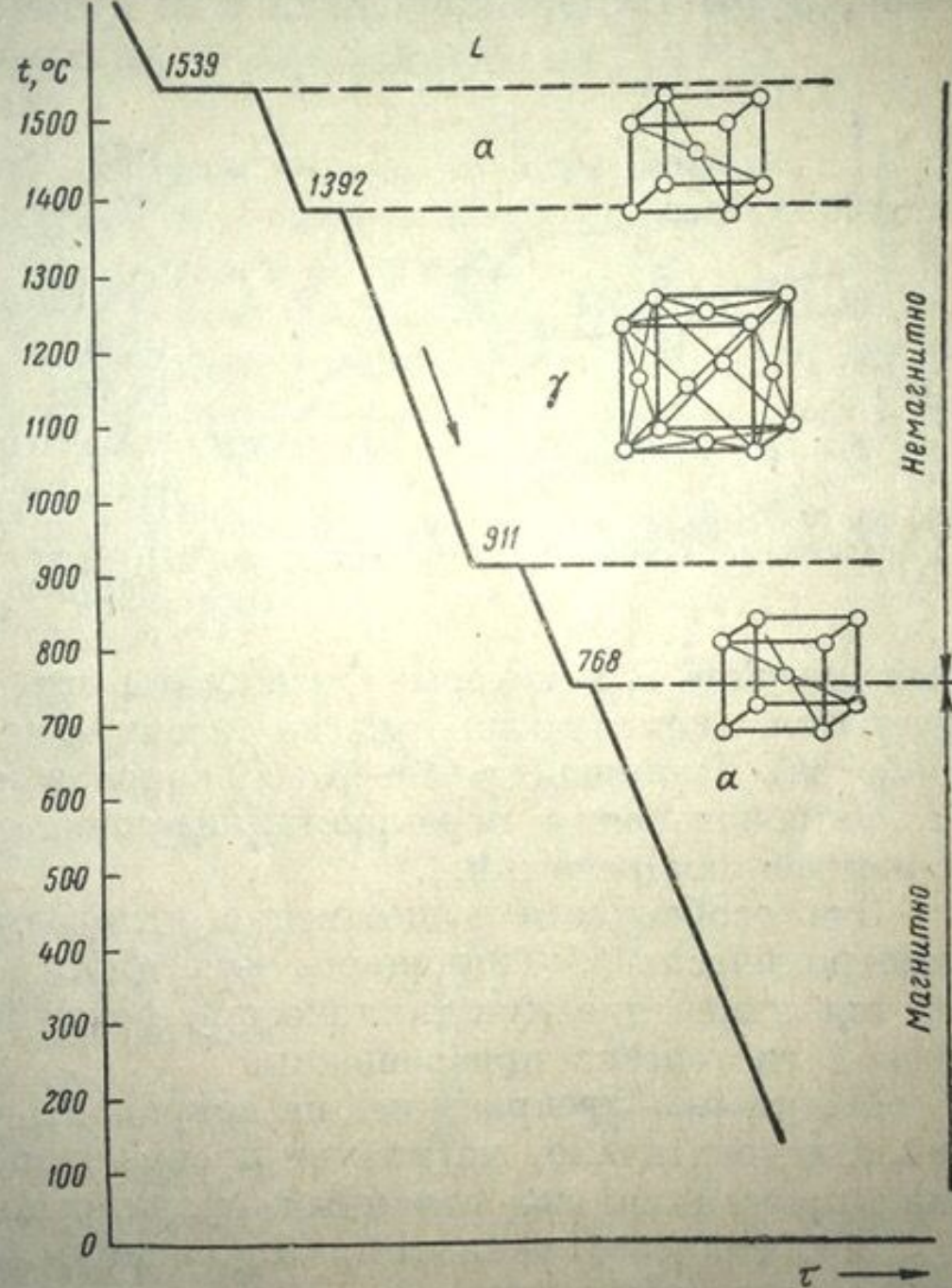


Рис. 34. Кривая охлаждения железа

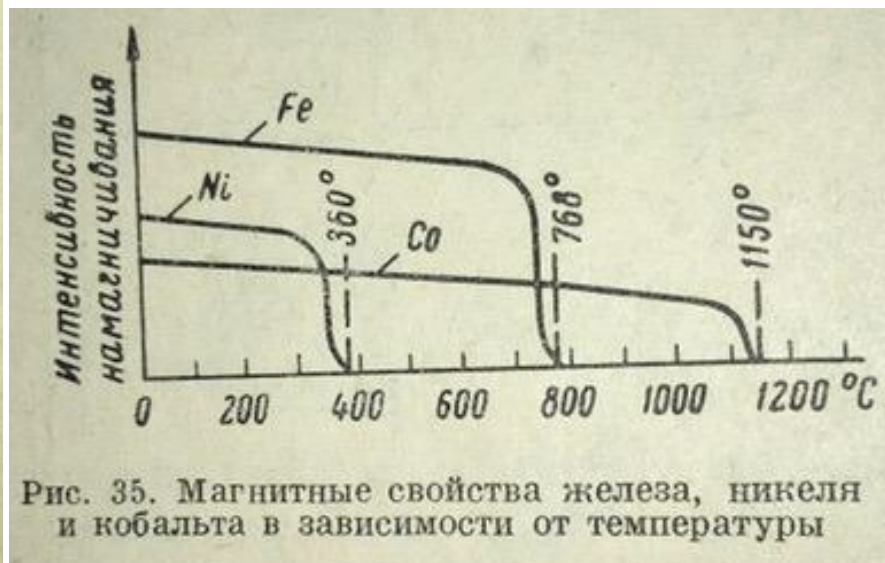


Рис. 35. Магнитные свойства железа, никеля и кобальта в зависимости от температуры

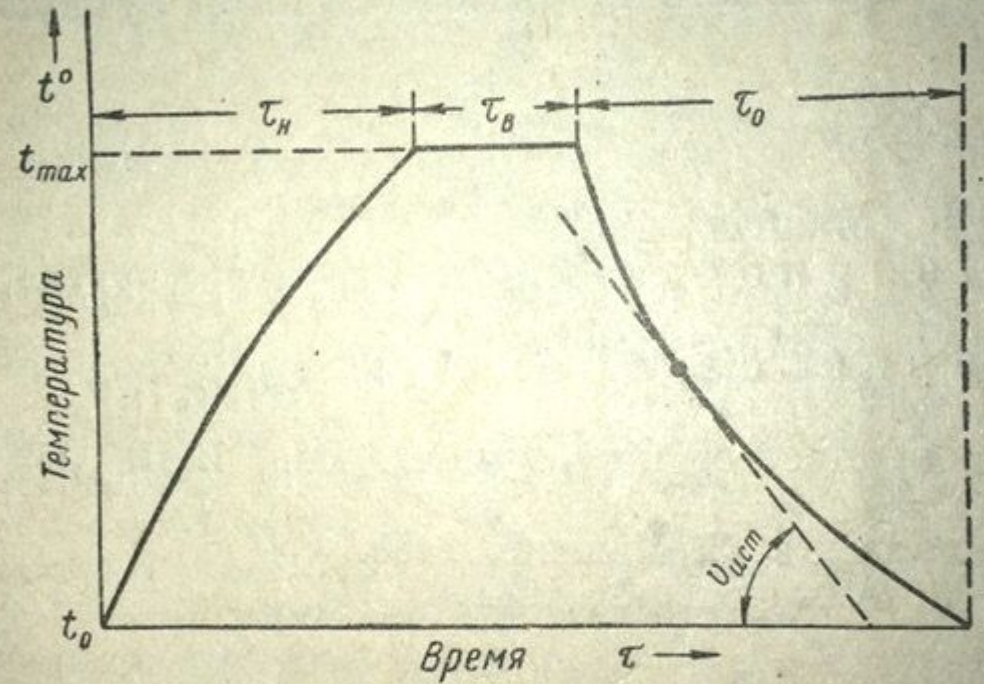


Рис. 156. График (режим) термической обработки (простая термическая обработка)

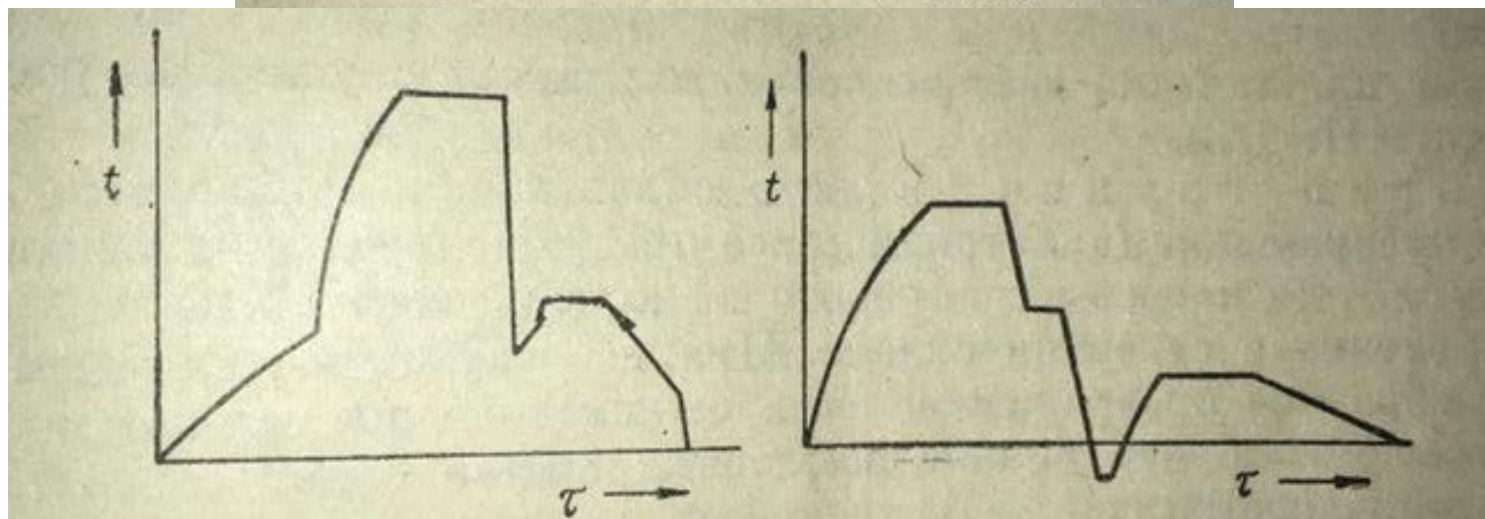


Рис. 157. Графики (режимы) термической обработки (сложная термическая обработка)

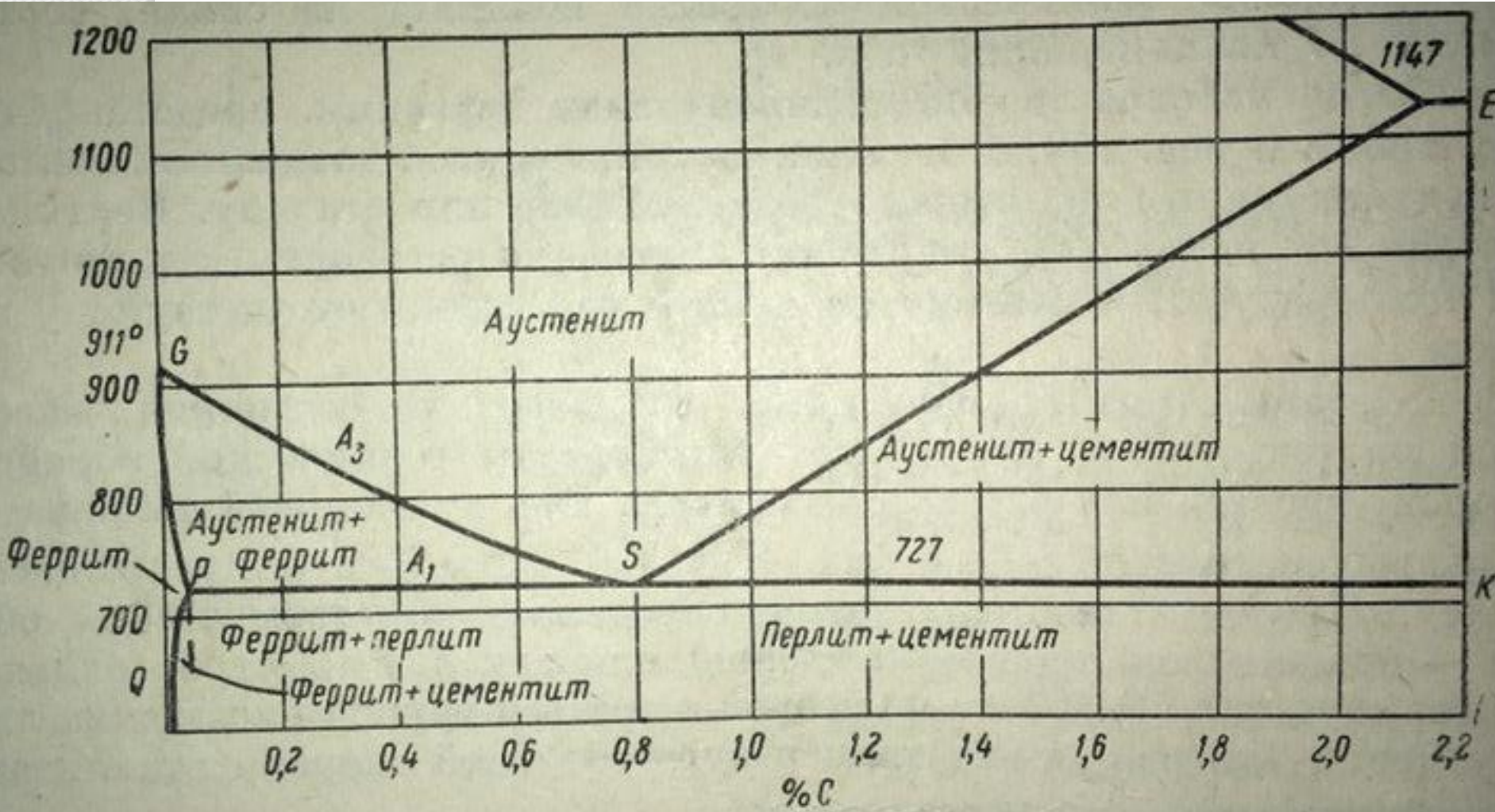


Рис. 159. «Стальной» участок диаграммы железо — углерод