

## Пример выполнения контрольной работы

### Задача 1. Превращения в сталях при охлаждении

Охлаждение стали У9 со скоростями  $V_1=2^\circ\text{C/c}$   $V_2=100^\circ\text{C/c}$

#### Решение

Для построения кривых определим мгновенные температуры по формуле:

$$t_{\text{мгн}} = t_{\text{нагр}} - (V_i \cdot \tau)$$

где  $t_{\text{нагр}}$  – температура нагрева, для заэвтектоидной стали У9.  $t_{\text{нагр}} = A_{\text{cm}} + (20)^\circ\text{C} = 800^\circ\text{C}$

$V_i$  – заданные скорости охлаждения  $V_1$  и  $V_2$ ,  $^\circ\text{C/c}$ ;

$\tau$  – свободно выбранный отрезок времени на оси абсцисс, с.

При охлаждении с заданными скоростями мгновенные температуры равны,  $^\circ\text{C}$ :

Для скорости  $V_1=2^\circ\text{C/c}$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (2 \cdot 0,1) = 799,8^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (2 \cdot 10) = 780^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (2 \cdot 20) = 760^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (2 \cdot 30) = 740^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (2 \cdot 50) = 700^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (2 \cdot 80) = 640^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (2 \cdot 100) = 600^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (2 \cdot 200) = 400^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (2 \cdot 300) = 200^\circ\text{C}$$

Для скорости  $V_2=100^\circ\text{C/c}$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (100 \cdot 0,1) = 790$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (100 \cdot 0,3) = 770$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (100 \cdot 0,6) = 740$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (100 \cdot 0,8) = 720$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (100 \cdot 1) = 700$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (100 \cdot 2) = 600$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (100 \cdot 3) = 500$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (100 \cdot 4) = 400$$

$$t_{\text{мгн}} = 800 - (100 \cdot 6) = 200$$

Полученные значения нанесем в виде точек на диаграмму изотермического распада аустенита. Соединив плавной линией отмеченные точки, получим график скорости охлаждения.

Охлаждение со скоростью  $V_1 = 2^\circ\text{C/c}$

При охлаждении с заданной скоростью, до температуры  $740^\circ\text{C}$  имеем структуру аустенита.

Ниже указанной температуры, из аустенита выделяется цементит. Выделение цементита при этой скорости охлаждения происходит до температуры  $710^\circ\text{C}$ .

При охлаждении с заданной скоростью ниже температуры  $710^\circ\text{C}$ , оставшийся аустенит начинает превращаться в сорбит. Окончательное превращение аустенита в сорбит при данной скорости охлаждения происходит до температуры  $680^\circ\text{C}$ . При дальнейшем охлаждении превращения не происходят.

Таким образом, при охлаждении со скоростью  $V_1$  при комнатной температуре имеем структуру: цементит+сорбит. Твердость получаем в пределах 33 HRC.

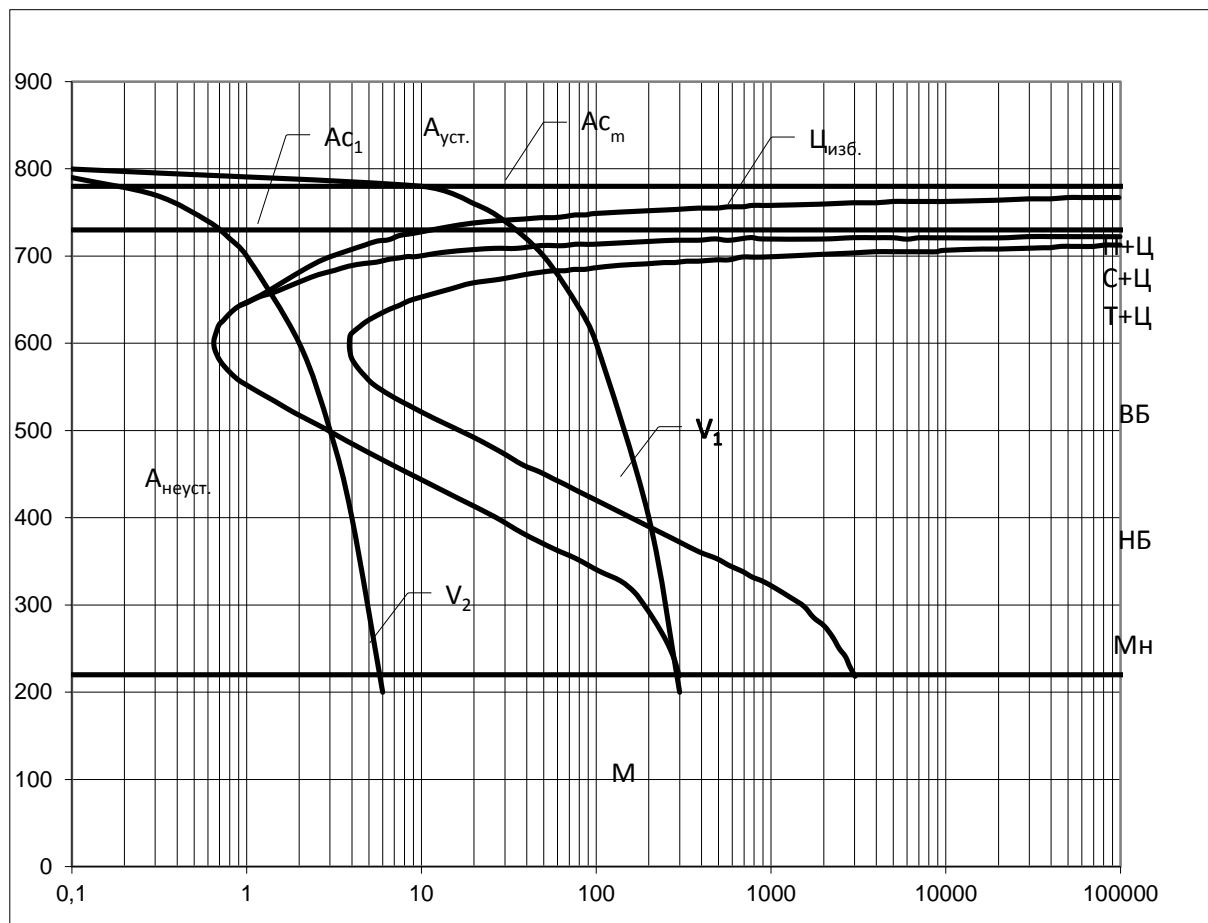
Охлаждение со скоростью  $V_2 = 100^\circ\text{C/c}$

При охлаждении с заданной скоростью, до температуры  $650^\circ\text{C}$  имеем структуру аустенита.

При охлаждении с заданной скоростью ниже температуры  $650^\circ\text{C}$ , аустенит начинает превращаться сначала в троостит а потом в верхний бейнит. Охлаждение с данной скоростью приводит к тому, что диффузионное превращение до конца не проходит (до  $500^\circ\text{C}$ ). При дальнейшем охлаждении

оставшийся аустенит при температуре 220°C превращается в мартенсит. Мартенситное превращение до конца не протекает, поэтому в структуре стали будет присутствовать остаточный аустенит.

Таким образом, при охлаждении со скоростью  $V_2$  при комнатной температуре имеем структуру: троостит+верхний бейнит+мартенсит+остаточный аустенит.



## Задача 2

Разработать технологию термической обработки литой станины, которая состоит из плоских элементов с самой большой толщиной 200 мм, из стали 35ХГСЛ-II. Твердость 180-190 НВ.

### Решение

Сталь 35ХГСЛ-II – конструкционная, легированная, доэвтектоидная, качественная. Применяется для изготовления отливок ответственного назначения. Содержит 0,35% углерода, 1% хрома, 1% марганца, 1% кремния.

Для получения необходимых по условию свойств принимаем термообработку – отжиг стального литья.

1. Точка  $A_{с3} = 805^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{отж} = 805 + (30...50)^{\circ}\text{C}$ .

2. Определяем продолжительность нагрева.

По табл. 1 расчетное сечение  $S = 200 \text{ мм}$ .

Критерий  $Bi = \frac{\alpha S}{\lambda}$ ;

$\alpha_{cp} = 180 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ;  $\lambda = 26,7 \frac{Вт}{м \cdot К}$  (по табл. приложений А и Б).

$Bi = \frac{180 \cdot 0,1}{26,7} = 0,67$ . Тело массивное.

Температурный критерий  $\theta = \frac{t_c - t_{м.кин}}{t_c - t_{м.поч}} = \frac{865 - 855}{865 - 25} = 0,012$ .

Критерий Фурье по графику (приложение Д) для пластины ( $Bi=0,67$  и  $\theta=0,012$ )  $Fo = 7,8$ ;  $a = 5,83$  м<sup>2</sup>/с (по табл. приложения Б).

$$\tau = \frac{Fo S^2}{a} = \frac{7,8 \cdot 0,1^2}{5,83 \cdot 10^{-6}} = 13379 \text{ с} = 3,7 \text{ ч, принимаем 4 часа.}$$

3. Продолжительность выдержки  $\tau_{выд} = \frac{1,2 \cdot 200}{100} = 2,4 \text{ ч} \approx 2,5 \text{ ч.}$

4. Продолжительность охлаждения до 640°C

$$\tau_{охол} = \frac{855 - 640}{35} = 6,1 \text{ ч} \approx 6 \text{ ч.}$$

5. Продолжительность выдержки при температуре 660...640°C

$$\tau_{выд} = 2,4 \text{ ч} \approx 2,5 \text{ ч.}$$

6 Продолжительность охлаждения от 640 до 400°C

$$\tau_{охол} = \frac{640 - 400}{35} = 6,7 \text{ год} \approx 7 \text{ ч.}$$

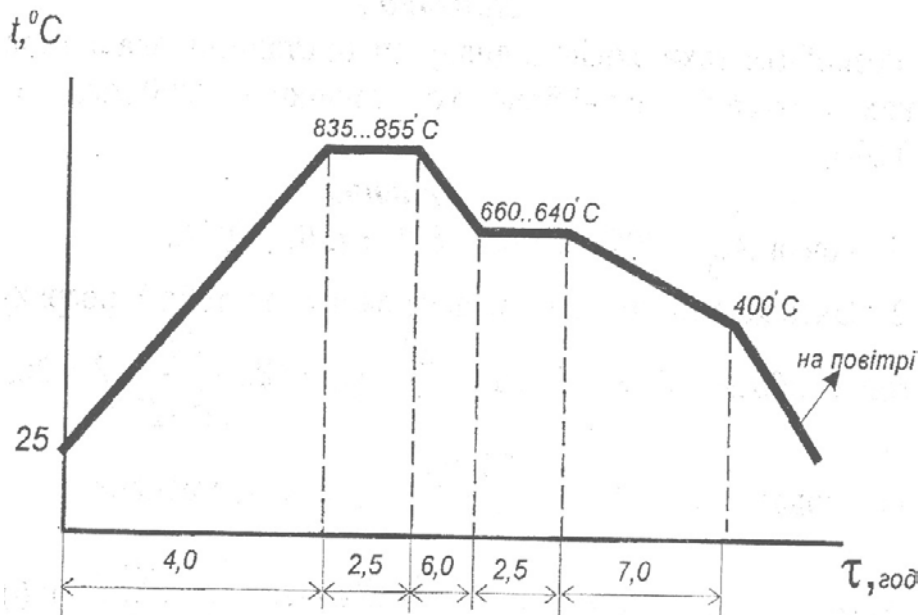


График отжига станины

Общая продолжительность отжига станины  $\tau = 22 \text{ ч.}$

В процессе нагрева до  $A_{C1}$  превращений нет, далее перлит превращается в аустенит, а феррит - сохраняется. При дальнейшем нагреве выше  $A_{C3}$  феррит переходит в аустенит, и структура состоит из одного аустенита. Выдержка при этой температуре обеспечивает полную аустенизацию с получением однородного аустенита. При охлаждении с печью из аустенита выделяется избыточный феррит, а потом происходит распад оставшегося аустенита с образованием феррито-цементитной механической смеси — перлита.

Микроструктура изделия на поверхности и в сердцевине — феррито-перлитная