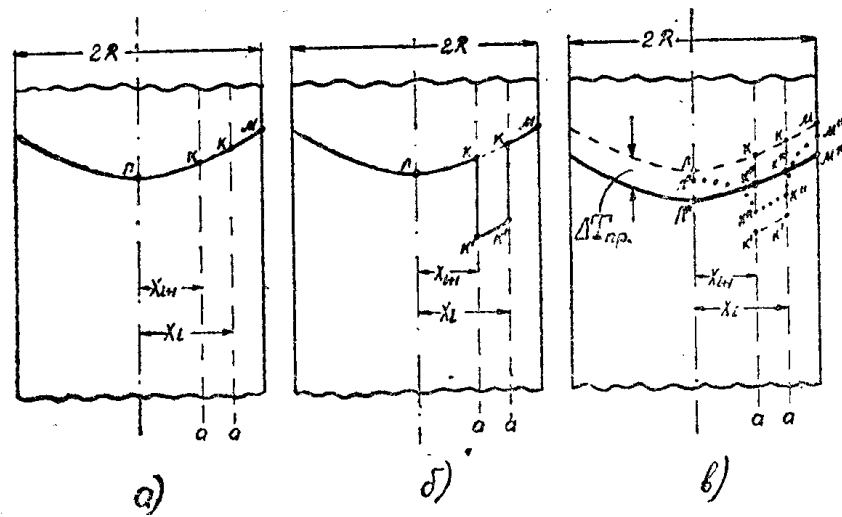




превращение наблюдается в тот период нагрева, когда температура достигает определенного для данной стали значения.

Так как при нагреве тел частицы вещества у поверхности нагреваются скорее, то и поглощение теплоты рекристаллизации начинается в слоях, близких к поверхности, постепенно (по мере повышения температуры) распространяясь в глубь тела. Это явление безусловно сказывается на характере температурного поля. Нами сделана попытка по возможности учесть влияние тепла, поглощенного при рекристаллизации, и показано, как внести уточнение в методику расчета.

Влияние поглощенного в процессе превращения тепла на нагрев стали может быть в определенной мере учтено, если принять некоторые допущения и исходить из следующих рассуждений. Пусть имеем какое-либо распределение температуры, например, в неограниченной пластине (фиг. 1 а), на котором отметим точки  $L, K, M$ . В результате погло-



Фиг. 1

щения тепла в слое  $x_i - x_{i+1}$  в зоне объема  $aa$  происходит падение температуры от точек  $K$  до точек  $K'$  (фиг. 1 б). Понижение температуры в указанном участке обуславливает приток тепла из других частей тела. Это, в свою очередь, вызывает уменьшение температуры от точек  $M$  и  $L$  до точек  $M''$  и  $L''$ , а также в других участках. В то же время в зоне  $x_i - x_{i+1}$  температуры повышаются от  $K'$  до точек  $K''$ .

Наконец точки  $L^*, K^*, K^*, M^*$  (фиг. 1 в) оказываются на линии  $L^* K^* K^* M^*$ , которая описывается аналогичным уравнением, что и первоначальное распределение температуры  $L K K M$ . Далее нагрев идет обычным путем и рассчитывается по тем же соотношениям, пока в какой-либо части тела вновь не произойдет структурное превращение и потеря в связи с этим новой порции тепла. При симметричном нагреве описанное явление происходит одновременно на участках справа и слева от оси симметрии тела.

Для того, чтобы можно было воспользоваться расчетными формулами при таком представлении процесса, необходимо знать величину среднего падения температуры  $\Delta T_{пр}$ . Эта величина для тел различной конфигурации будет различной. Если, например, мы имеем дело с прогревом неограниченной пластины, то количество тепла, которое было

поглощено в объеме пластины, ограниченном сечением  $x_i$  и  $x_{i+1}$ , можно определить, как

$$Q_{np} = g_{np} (x_i - x_{i+1}) \cdot 1 \cdot 1 \cdot \gamma \text{ ккал},$$

где  $g_{np} \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$  — тепло, поглощенное единицей веса вещества, определяе-

мое на основе специальных опытов [1].

Определенное таким образом количество тепла  $Q$   $\cong$  идет на понижение температуры всего рассматриваемого тела. Поэтому

$$Q_{np} = c_{cp} \cdot \gamma \cdot \Delta T_{np} \cdot R \cdot 1 \cdot 1 \text{ ккал}$$

Сопоставляя эти два уравнения, находим:

$$\Delta T_{np}^{пл} = \frac{g_{np}}{c_{cp}} \cdot \frac{(x_i - x_{i+1})}{R}$$

Такие же рассуждения дают возможность найти среднее падение температуры и для любых других тел. Так, для бесконечного цилиндра и шара получаем:

$$\Delta T_{np}^{цил} = \frac{g_{np}}{c_{cp}} \cdot \frac{(r_i^2 - r_{i+1}^2)}{R^2},$$

$$\Delta T_{np}^{шара} = \frac{g_{np}}{c_{cp}} \cdot \frac{(r_i^3 - r_{i+1}^3)}{R^3}$$

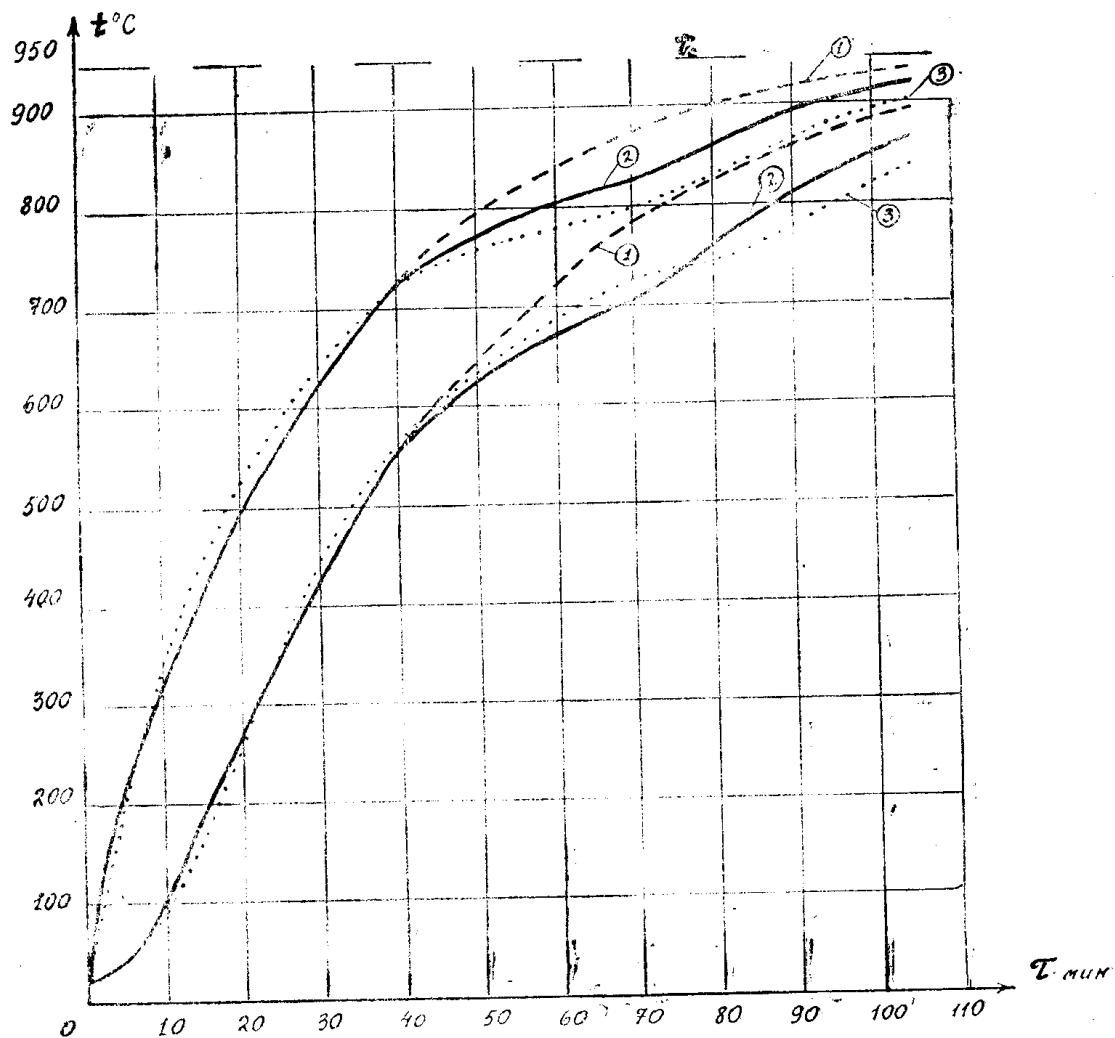
В представленных формулах для определения среднего падения температуры величины  $(x_i - x_{i+1})$  и  $(r_i - r_{i+1})$  суть участки тела, в которых произошло поглощение тепла в результате превращения;

$c_{cp} \frac{\text{ккал}}{\text{кг град}}$  — средняя теплоемкость вещества в данный момент;

$2R [м]$  — толщина или диаметр тела.

На фиг. 2 показан прогрев цилиндра  $d = 300 \text{ мм}$  из стали 9Х. Кривые 1, показывающие изменение температуры поверхности и центра цилиндра, построены по формуле (1) без учета поглощения теплоты рекристаллизации. Кривые 2, показывающие изменение температуры поверхности и центра цилиндра, построены по формуле (1) с учетом поглощения теплоты рекристаллизации. В расчетах численная величина теплоты превращения (14,53 ккал/кг) бралась по данным А. И. Лазарева [1].

Учет изменения теплофизических характеристик в функции от температуры производился по графикам, помещенным в книге А. Л. Немчинского [2]. Номером 3 обозначены кривые температур у поверхности и центра цилиндра, построенные по опытным данным В. М. Дегтярева [3].



Фиг. 2. Прогрев цилиндра  $d = 300$  мм из стали 9Х.  
 1. Изменение температуры на поверхности и в центре цилиндра, построенное по формуле (1) без учета поглощения теплоты рекристаллизации.  
 2. То же с учетом поглощения теплоты рекристаллизации.  
 3. Изменение температуры у поверхности и центра цилиндра, построенное по экспериментальным данным В. М. Дегтярева.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изложенная методика позволяет до некоторой степени учесть влияние теплоты превращения на температурное поле в стальных телах при прогреве их под действием лучистого тепла.
2. Предложенный способ может быть рекомендован для практических расчетов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Лазарев — Новые методы и приборы для исследования теплот превращения и истинной теплоемкости металлов при высоких температурах, (Диссертация), Ленинград, Институт точной механики и оптики, 1955.
2. А. Л. Немчинский — Тепловые расчеты термической обработки, ГИСЛ, 1953.
3. В. М. Дегтярев — Скоростной нагрев при термической обработке изделий крупных сечений, Машгиз, 1953.
4. Г. П. Бойков — Прогрев тел под действием лучистого тепла (сообщение первое), Изв. ТПИ, том 89, 1957, Томск
5. Г. П. Бойков — Прогрев тел под действием лучистого тепла (сообщение второе), Изв. ТПИ, 89, 1957, Томск.