

УДК 669.017

П.А.Голиков (5 курс, каф. ФМиКТМ), Н.Ю.Золоторевский, к.ф.-м.н., доц.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ $\alpha \rightarrow \gamma$ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СТАЛЯХ

Первой операцией при осуществлении упрочняющей термической обработки железоуглеродистых сплавов является нагрев, обеспечивающий образование аустенита (γ -фазы) в ходе $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения. От структуры аустенита, в частности, размера его зерна, характера границ зерен, наличия в нем частиц второй фазы, во многом зависят конечные свойства изделий. В связи с этим возникает необходимость в изучении закономерностей, управляющих кинетикой формирования γ -фазы в различных условиях нагрева для структур различного типа.

Важной особенностью образования аустенита в сталях является то, что из двухфазной смеси феррита и цементита при нагреве образуется одна фаза – аустенит (рис. 1). Образование аустенита при нагреве является диффузионным процессом и подчиняется основным положениям теории фазовых превращений в твердом состоянии.

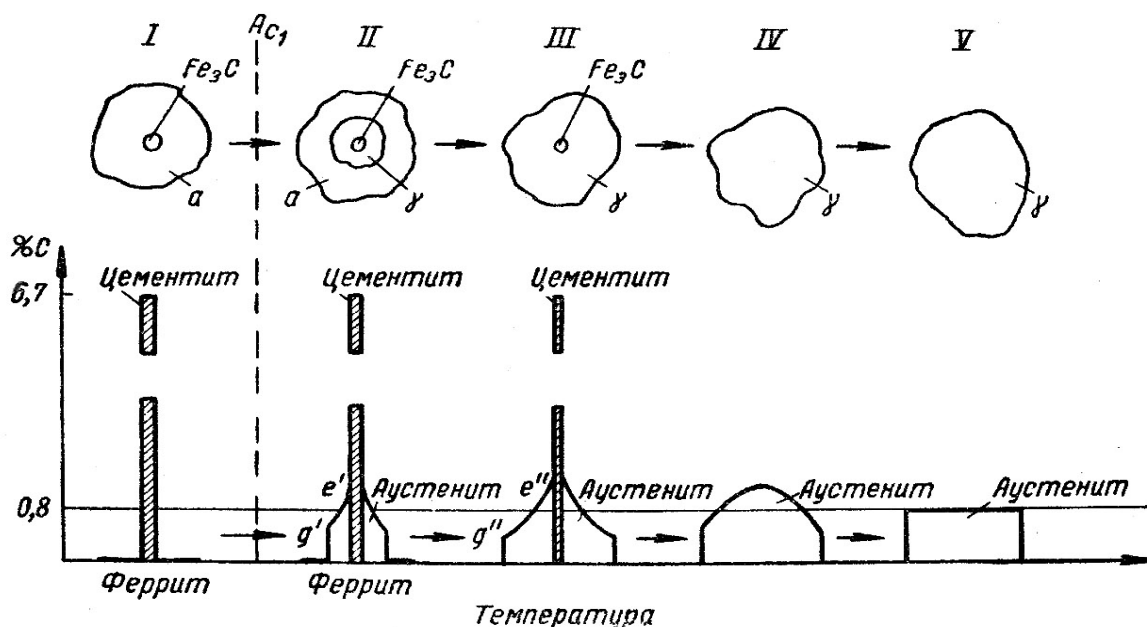


Рис. 1. Схема последовательного перехода феррито-цементитной смеси в аустенит при повышении температуры

Представления о механизме $\alpha \rightarrow \gamma$ -превращения сложились еще в середине прошлого века. В последующие годы механизм и кинетика $\alpha \rightarrow \gamma$ -превращения в сталях при различных условиях нагрева изучались многими исследователями и продолжают изучаться поныне. Проведенный нами анализ существующих подходов к моделированию роста зерен аустенитной фазы [1–6] позволило разработать собственную простую и эффективную модель. Она позволяет при заданных составе сплава и температуре описывать кинетику роста аустенита. Это, в свою очередь, позволяет определить фазовый состав сплава в каждый момент времени в процессе термообработки.

Основные положения разработанной модели заключаются в следующем. Как показывает анализ, скорость роста слоя аустенита контролируется диффузией углерода в аустените от границы с цементитом до противоположной границы с ферритом (рис. 1). Для

описания роста этого слоя воспользуемся уравнением одномерной диффузии. Для коэффициента диффузии углерода в аустените $D(c)$ используем полуэмпирическое выражение, учитывающее его зависимость от локальной концентрации углерода c . Мы также предполагаем, что градиент концентрации в слое аустенита постоянен. Тогда в выражении для D разумно использовать среднее значение концентрации углерода:

$$\bar{c} = \frac{c_c + c_f}{2}.$$

Из уравнений диффузии и балланса массы можно получить следующее выражение для описания закона движения границ раздела аустенит-цементитной и аустенит-ферритной фаз:

$$Y = D \left(\frac{1}{\Delta c_{\gamma,\alpha}} + \frac{1}{\Delta c_{\gamma,k}} \right) \frac{(c_c - c_f)}{x}.$$

Здесь x – размер аустенитного участка, $\Delta c_{\gamma,\alpha}$ – разность концентраций углерода в γ - и α -фазах при данной температуре на границе этих фаз ($\Delta c_{\gamma,\alpha} = c_f - c_f^P$); $\Delta c_{\gamma,k}$ – разность концентраций углерода в γ -фазе и карбиде на границе раздела этих фаз ($\Delta c_{\gamma,k} = c_c^P - c_c$). [2,7]. Зависимость толщины аустенитного слоя от времени тогда нетрудно численно определить с помощью рекуррентной процедуры.

Исходная структура доэвтектоидных сталей – смесь феррита и перлита. Очевидно, что необходимо отдельно описывать аустенизацию в феррите и аустенизацию в перлите: объемная доля аустенита в стали будет определяться как сумма объемных долей аустенита в перлите и феррите. При этом нужно учесть, что при межкритических температурах $T \in [A_1, A_3]$ аустенит может заполнить лишь часть предоставленного ему объема.

Расчеты, проделанные на основе данной модели, хорошо согласуются с результатами более строгого решения диффузионной задачи, приведенного в монографии Любова [1]. Таким образом, можно заключить, что предложенная модель может быть в дальнейшем использована для моделирования процесса аустенитизации в промышленных условиях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Любов Б.Я., Диффузионные процессы в неоднородных твердых средах, Наука, 1981, с. 94.
2. Дьяченко С.С., Образование аустенита в железоуглеродистых сплавах, Metallurgia, 1982.
3. Blanter M.S., Magalas L.B. Scripta Materialia, Vol. 43, 2000, с. 435-440.
4. Mancini R., Budde C. Acta mater. Vol. 47, No. 10, 1999, 2907-2911.
5. Souza M.M., Guimaraes J.R.C., Chawla K.K. Metallurgical Transactions A, Vol. 13A, 1982, p. 575-579.
6. Geib M.D., Matlock D.K., Krauss G. Metallurgical Transactions A, Vol. 11A, 1980, p. 1683-1689.
7. Физическое металловедение, т. 2, под. ред. Кана Р.М., Мир, 1968.