

# КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗДИФфуЗИОННЫХ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СПЛАВАХ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ОСНОВЕ

А. В. Авдеева, Л. В. Спивак

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

В данной статье проанализированы калориметрические эффекты при диффузионных и бездиффузионных превращениях в некоторых Fe-Ni сплавах и мартенситно-старееющих сталях, т.к. 04H10T, H14K7M5T1, H5L7M5T1. Исследования проводились методом ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия. Данные закономерности повторялись при разных скоростях охлаждения, 5, 10, 20, 40 К/мин. Из данных исследования, сделали вывод, что скорость охлаждения не влияет на начало превращения и на максимальную температуру пика. Увеличение скорости превращения приводит к увеличению количества теплового потока. В отличии от мартенситного превращения, в сталях практически такого же состава показано, что с увеличением скорости охлаждения наблюдается тенденция смещения максимальной температуры в меньшую сторону и увеличение теплового потока.

**Ключевые слова:** бездиффузионное превращение, калориметрические эффекты, фазовый переход

## CALORIMETRIC INVESTIGATIONS OF NONDIFFUSIONAL PHASE TRANSFORMATIONS IN IRON-BASED ALLOYS

A. V. Avdeeva, L. V. Spivak

Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

In this paper, calorimetric effects are analyzed for diffusion and diffusionless transformations in some Fe-Ni alloys and martensitic-aging steels, since 04H10T, H14K7M5T1, H5K7M5T1. The studies were carried out using the DSC method - differential scanning calorimetry. These regularities were repeated at different cooling rates, 5, 10, 20, 40 K / min. From the data of the study, we concluded that the cooling rate does not affect the onset of the conversion and the maximum temperature of the peak. An increase in the conversion rate leads to an increase in the amount of heat flow. In contrast to the martensitic transformation, in steels of practically the same composition, it is shown that with increasing cooling rate, there is a tendency to shift the maximum temperature to a smaller side and increase the heat flux.

**Keywords:** diffusionless transformation, calorimetric effects, phase transition

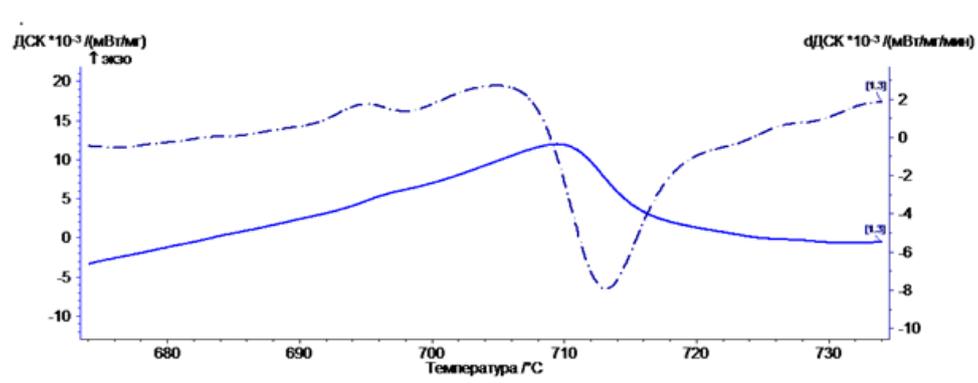
Фазовые переходы первого рода характеризуются постоянством температуры, изменениями энтропии и объёма. Фазовые переходы, не связанные с поглощением или выделением теплоты и изменением объёма, называются фазовыми переходами второго рода [1, 2].

До настоящего времени были исследованы калориметрические эффекты при диффузионных фазовых превращениях, однако информация о бездиффузионных фазовых превращениях отсутствовала.

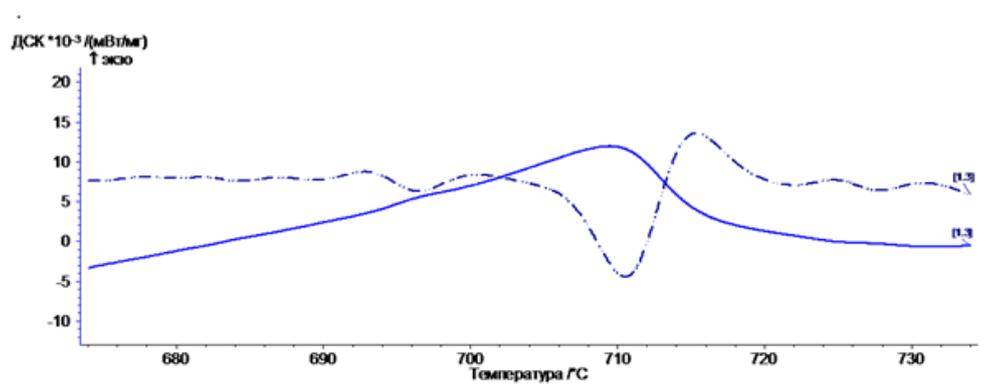
С помощью установки STA 449 C Jupiter® мы проанализировали калориметрические эффекты при диффузионных и бездиффузионных превращениях в сплавах Fe-Ni и мартенситно-старееющих сталях, при охлаждении, результаты исследования показаны на рисунке 1 и 2.

После охлаждения образцов в установке STA 449 C Jupiter® были получены кривые ДСК и обработаны в программе Proteus Analyses. С её помощью были определены температура конца и начала процесса кристаллизации, температура пиков, площадь под кривыми, которая показывает величину теплового потока, определены первая и вторая производные кривых (рис. 1 и 2). Полученные данные обработаны в программе Fityk. Производилось усреднение кривой ДСК полиномом восьмой степени для избежание ошибок. Достоверность исследования подтверждается качественным подобием закономерностей.

На рис. 1. показана зависимость ДСК сигнала от температуры, при охлаждении сплава 04Н10Т. Видим пик в температурном диапазоне 694-716 °С.

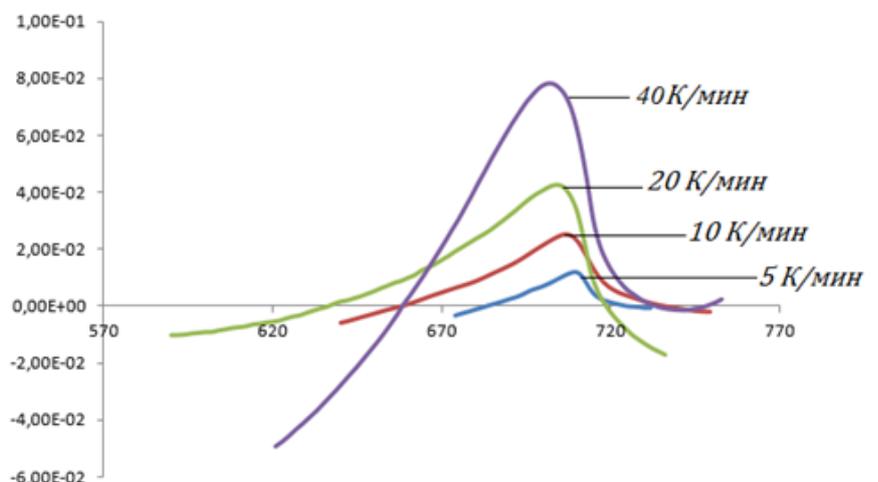


**Рис.1.** ДСК кривая охлаждения для сплава 04Н10Т, со скоростью охлаждения 5К/мин:  
1 – кривая ДСК; 2 – первая производная кривой ДСК



**Рис.2.** ДСК кривая охлаждения для сплава 04Н10Т, со скоростью охлаждения 5К/мин:  
1 – кривая ДСК; 2 – вторая производная кривой ДСК

Среднее значение температуры начала превращения  $T_H = 716 \text{ }^\circ\text{C}$ , температуры конца и максимальной скорости превращения  $T_K = 694 \text{ }^\circ\text{C}$ , температуры теплового потока  $S = 1,4 \text{ Дж/г}$ , температуры максимального значения пика  $T_{\text{макс}} = 709 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**Рис. 3.** Зависимость температуры превращения от скорости охлаждения образца

Из данных исследования калориметрических эффектов (рис. 3), при мартенситном превращении, следует, что скорость охлаждения не влияет на начало превращения и на максимальную температуру пика, что является основным признаком бездиффузионного превращения [3]. Увеличение скорости превращения приводит к увеличению количества теплового потока.

В отличие от мартенситного превращения, в сталях практически такого же состава показано, что с увеличением скорости охлаждения наблюдается тенденция смещения максимальной температуры в меньшую сторону и увеличение теплового потока. Данные закономерности повторяются при разных скоростях охлаждения 5, 10, 20, 40 К/мин.

### Список литературы

1. Гуляев А. П. *Металловедение*. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
2. Уманский Я. С., Скаков Ю. А. *Физика металлов. Атомное строение металлов и сплавов*. М.: Атомиздат, 1978. 352 с.
3. Банных О. А., Будберг П. Б., Алисова С. П. и др. *Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа*. М.: Металлургия, 1986. 440 с.