

УДК 669.72

И. Н. Сагадеев

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Научные руководители: доц., канд. техн. наук С. Б. Михайлов, доц.канд. техн. наук*

Н. А. Михайлова

**msb.immt@gmail.com*

ВАРИАНТ РАСШИФРОВКИ ДИЛАТОГРАММ С ВЫДЕЛЕНИЕМ Ln-ФОНА ТКЛР

На примере дилатограмм литейного инварного сплава Fe–Ni(38)–C(2,5) проведен расчет вариантов оценки ТКЛР с выделением кривой Ln-ФОНА.

Ключевые слова: дилатограмма, температурный коэффициент теплового линейного расширения, логарифмическая (Ln) кривая ФОНА ТКЛР.

I. N. Sagadaev

DECODING VARIANT OF DILATOMETRIC CURVES WITH ALLOCATION LN-BACKGROUND TFLE

For example dilatometric curves foundry Invar alloy Fe–Ni(38)–C(2,5) held account TFLE evaluate options with the release of the curve ln-background.

Keywords: dilatometric curves, temperature coefficient of linear thermal expansion, the logarithmic curve (Ln) TFLE.

В докладе на предыдущей конференции [1] рассматривался вариант расшифровки дилатограмм с расчетом температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) с выделением фоновой (нулевой) линии в виде логарифмической зависимости относительно как минимум двух точек дилатограммы. Было высказано мнение, что получаемый предлогарифмический множитель формулы, описывающей фоновую (нулевую) кривую, аналогично температуре плавления, может быть использован в качестве фундаментальной характеристики силового взаимодействия атомов при формировании кристаллической решетки сплава независимо от влияния различных превращений, протекающих в его структуре.

При выполнении дилатометрических измерений в рамках исследования по регистрации влияния термической обработки на дилатометрические эффекты литейных инварных, для иллюстрации результатов использовались непосредственно копии дилатограмм,

поскольку существующие варианты обработки дилатограмм часто искажают полученные экспериментальные результаты.

Проведена расшифровка нескольких полученных дилатограмм в соответствии с предложениями работы [1]. Для этого в пакете Excel был составлен шаблон обработки дилатограмм, позволяющий последовательно осуществлять следующие действия с полученными дилатограммами:

- сглаживание после оцифровки полученных графиков;
- тарировка шкалы температур и удлинений образца;
- перевод данных от дифференциального варианта регистрации к прямому;
- расчет значений ТКЛР, как истинных, так и относительных, и использование крайних точек дилатограмм;
- проведение фоновых (нулевых) кривых с использованием логарифмических зависимостей.
- анализ различий между фоновой и экспериментальной кривыми.

Для примера на рис. 1 показаны обработанные дилатограммы для дифференциального и прямого вариантов регистрации.

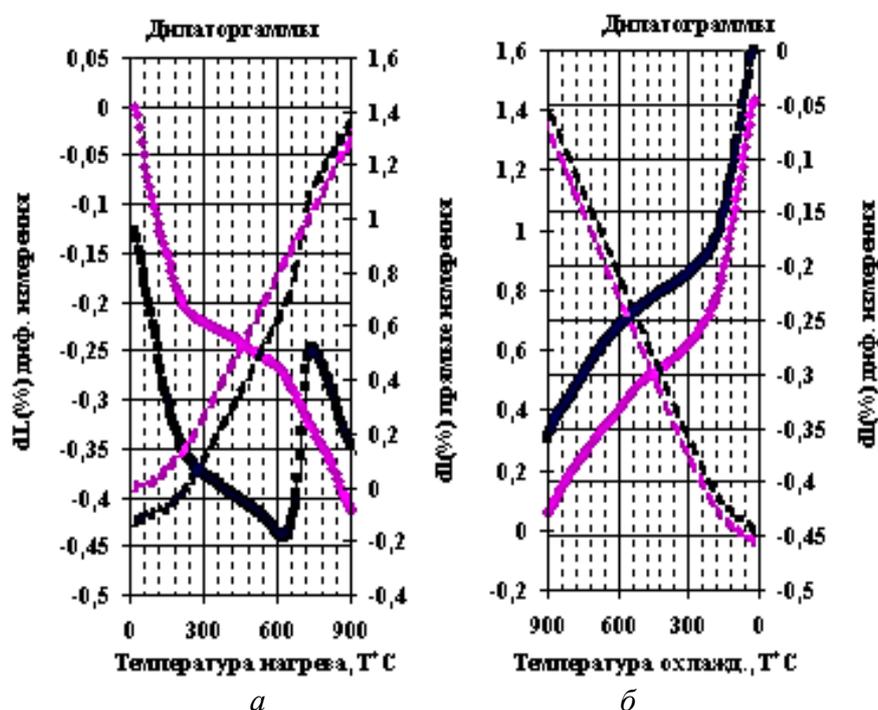


Рис. 1. Дилатограммы образца литейного инварного сплава Fe–Ni(38)–C(2,5) в форме относительного удлинения (%) при: *a* – нагреве; *б* – охлаждении; темные линии – при первом кратковременном нагреве до 900 °С литого состояния; светлые линии – при третьем аналогичном нагреве; сплошные линии – при дифференциальном измерении, а пунктирные линии – при прямом измерении

На основе подобных кривых варианта прямой регистрации (рис. 1) определялись значения ТКЛР для нагрева и охлаждения. Существует два варианта расчета значений ТКЛР [2] – истинный и относительный, с

использованием опорных точек дилатограммы при фиксированной температуре. Пример получаемых кривых в случае расчета истинных значений ТКЛР приведен на рис. 2. Для иллюстрации варианта охлаждения значения ТКЛР показаны отрицательными.

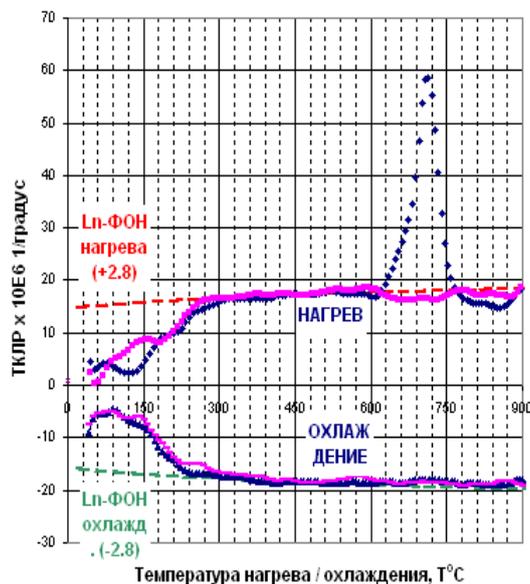


Рис. 2. График истинных значений ТКЛР: сплошные линии – результат оценки истинных значений ТКЛР; пунктирные линии – кривые Lp-ФОНА для дилатограмм, представленных на рис. 1

Совместно с этими кривыми представлены расчетные варианты Lp-фоновых (нулевых) в виде пунктирных линий. Примечательно, что предлогарифмические множители для них в случаях нагрева и охлаждения по номиналу совпали. Судя по графику, представленному в работе [1], эта цифра соответствует группе материалов с ГЦК кристаллической решеткой и численно сопоставима с состоянием медных образцов.

Отклонения экспериментальных кривых от фоновых указывают на отражение дилатограммами фазовых, либо структурных превращений. Так, в температурном интервале до 270 °С четко фиксируется инварный эффект, имеющий сложную форму, связанную, очевидно, с многостадийностью этого процесса. Примечательно, что температурный интервал практического применения инварного эффекта (минимальные значения ТКЛР) приходится на интервал до 100 °С.

В температурном интервале нагрева литого состояния образцов четко фиксируется дилатометрический эффект, который необходимо еще анализировать. В первой части работы он рассматривается, как дилатометрический эффект, отражающий процесс V, соответствующий отжигу литого состояния. Достаточно хорошо видно (рис. 2), что этот процесс состоит из двух компонент, если использовать для их описания кривую нормального распределения.

Кривые, представленные на рис. 3, отражают результаты обработки тех же самых дилатогрaмм, обработка которых приведена на рис. 1 и 2, но только с использованием расчетов средних значений ТКЛР [2]. Расчеты производились относительно 20 °С (рис. 3, *а*) и относительно 900 °С (рис. 3, *б*). Для сравнения с кривыми рис. 2 пунктиром отображены те же самые кривые, что отображают значения фона истинных значений ТКЛР на рис. 2.

В принципе, основные тенденции изменения экспериментальных кривых сохранились. Видно проявление инварного эффекта и дилатометрического эффекта процесса V. Однако все это весьма расплывчато и невозможно четко выделить конкретные элементы кривых, отражающих дополнительные дилатометрические процессы.

К сожалению, в большинстве программ обработки данных, получаемых на современных дилатометрах, используется идеология расчета средних значений ТКЛР. Судя по приведенным в статье данным, в ряде случаев такой подход может быть недостаточно корректен и должен проводиться с учетом ряда уточнений.

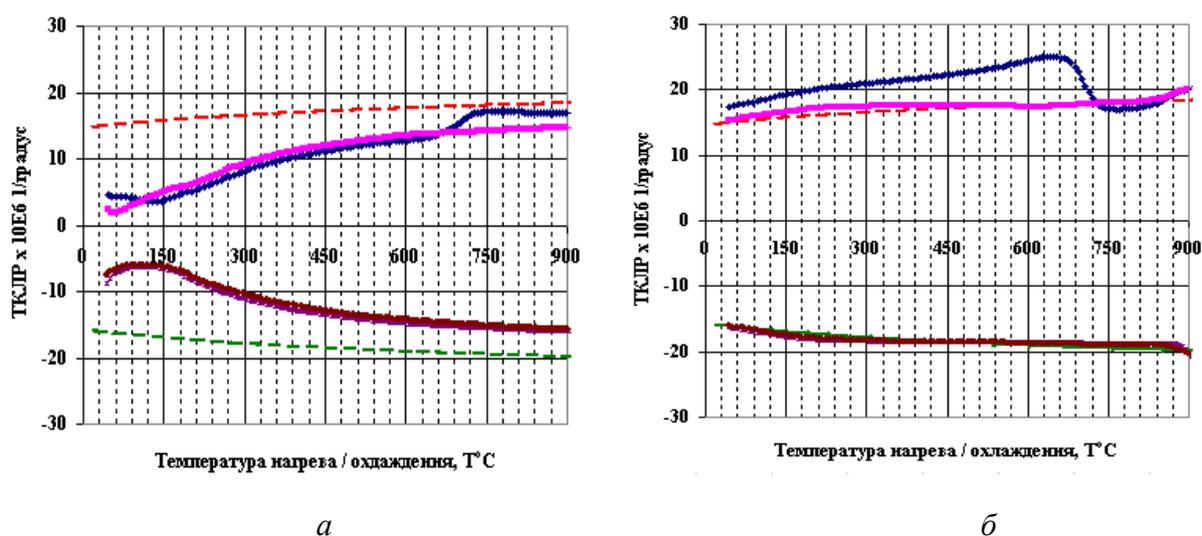


Рис. 3. Средние значения ТКЛР для кривых на рис. 2:
а – базовая температура 20 °С; *б* – базовая температура 900 °С

ЛИТЕРАТУРА

1. Логарифмическая интерпретация фоновой линии ТКЛР при расшифровке дилатогрaмм / С. Б. Михайлов [и др.] // Сборник материалов и докладов XVI международной научно-технической уральской школы-семинара металловедов – молодых ученых. Ч. 2. Екатеринбург: УрФУ, 2015. 354 с.
2. Физические свойства сталей и сплавов, применяемых в энергетике : справочник / под ред. Б. Е. Неймарк. М.; Л.: Энергия, 1967. 240 с.