

УДК 536.42+620.181.5+669.017.3

Kinetika Polimorfizma (Prevrashcheniya)
КИНЕТИКА ПОЛИМОРФНОГО $\gamma \rightarrow \alpha$ ПРЕВРАЩЕНИЯ
В СПЛАВАХ ЖЕЛЕЗО—НИКЕЛЬ V Splavakh
 E. I. Estrin, V. I. Soshechnikov) Zhelezo-Nikel' b
 Э. И. Эстрин, В. И. Сошников

Магнитометрическим методом изучена кинетика $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения в сплавах Fe—Ni, содержащих от 5 до 20% Ni, при непрерывном охлаждении и в изотермических условиях при гидростатических давлениях до 20 кбар. Температуры $\gamma \rightarrow \alpha$ и $\alpha \rightarrow \gamma$ превращений под давлением снижаются (на 9,6 и 2,9 град/кбар соответственно). Установлено, что $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение в сплавах Fe—Ni может происходить термически активируемым и «атермическим» (мартенситным) путем. Термически активируемое превращение обладает особенностями, отличающими его от «нормальных» полиморфных превращений и характерными для бейнитных и изотермических мартенситных превращений. Высказано предположение о происхождении этих особенностей. Установлено, что в зависимости от легирования или давления взаимное расположение температурных интервалов термически активируемого и атермического $\gamma \rightarrow \alpha$ превращений может меняться.

Исследования, проведенные на сплавах Fe—Cr с добавками [1, 2], показали, что полиморфное $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение может осуществляться двумя механизмами: «нормальным» — при высоких температурах и мартенситным — при более низких. Температурные интервалы нормального и мартенситного превращений в этих сплавах четко разделены. Давление приводит к закономерному снижению мартенситной точки, уменьшению скорости и сужению температурного интервала нормального превращения [3].

На кривых охлаждения сплавов Fe—Ni также имеются две температурные остановки [4—6]. Температура первой остановки снижается при увеличении скорости охлаждения, что свидетельствует о термически активируемом характере превращения. При достижении определенной для каждого сплава скорости охлаждения первая остановка на кривых охлаждения исчезает вовсе. Температура второй остановки не зависит от скорости охлаждения (вплоть до 60 000 град/сек), что указывает на «атермический», мартенситный характер второго превращения. Эти данные показывают, что и в сплавах Fe—Ni полиморфное $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение также может реализоваться двумя механизмами.

Кинетика мартенситного превращения и структура продуктов $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения в сплавах Fe—Ni различного состава были предметом многочисленных и обстоятельных исследований. Давление приводит к снижению мартенситной точки в этих сплавах (см. обзор [7]). В то же время имеются лишь отдельные данные [8] о кинетике термически активируемого превращения. Влияние состава сплава и давления на кинетику этого превращения не рассматривалось.

Изучению кинетики полиморфного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения в сплавах Fe—Ni с содержанием никеля от 5 до 20% при гидростатическом давлении до 20 кбар и посвящена настоящая работа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для выбора сплавов дилатометрическим методом (при атмосферном давлении) определялись температуры $\alpha \rightarrow \gamma$ и $\gamma \rightarrow \alpha$ превращений в сплавах Fe—Ni с содержанием от 1 до 25% Ni в условиях непрерывного нагрева и охлаждения со скоростями 50—100 град/мин (см. ниже, рис. 1). На основании этих данных для изучения кинетики

$\gamma \rightarrow \alpha$ превращения под давлением были выбраны сплавы с содержанием никеля 5,0; 8,1; 10,1; 12,1; 14,2 и 20,0% (количество углерода в сплавах 0,015—0,02%).

Исследование¹ проводилось магнитометрическим методом в аппарате высокого давления типа цилиндр—поршень с внутренним нагревом. В качестве передающей давление среды использовалась кремнийорганическая жидкость. Температура образца измерялась хромель—алюмелевой термопарой, рабочий спай которой вводился в отверстие, просверленное вдоль оси цилиндрического образца (диаметр образца 3 мм, длина 20 мм) до его середины. Давление измерялось манганиновым манометром сопротивления. В процессе опыта сигналы измерительного трансформатора, термопары и манометра

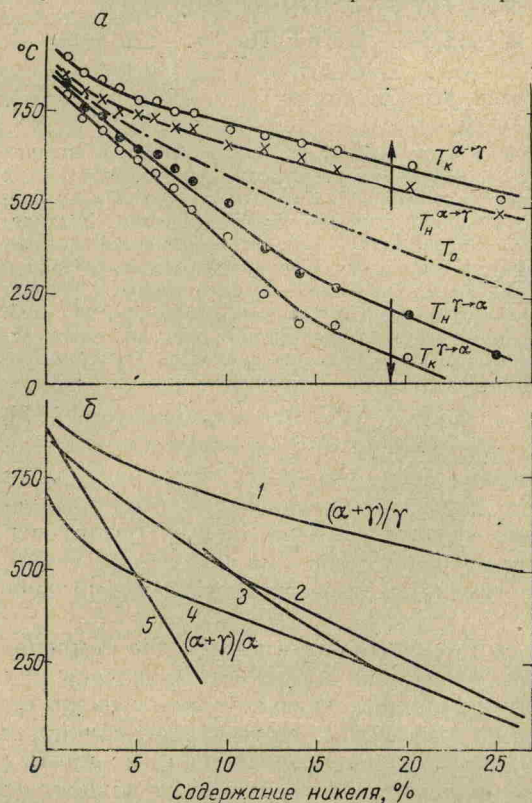


Рис. 1. $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ превращение в сплавах Fe—Ni при непрерывном охлаждении и нагреве по данным наст. работы (а) и других авторов (б):

● — начало $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения ($T_{\gamma \rightarrow \alpha}^n$); $T_{\gamma \rightarrow \alpha}^k$ — конец $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения; × — начало $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения ($T_{\alpha \rightarrow \gamma}^n$); $T_{\alpha \rightarrow \gamma}^k$ — конец $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения; 1, 5 — границы двухфазной ($\alpha + \gamma$)-области равновесной диаграммы состояния системы Fe—Ni [11]; 2, 3 — начало $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения при непрерывном охлаждении по данным [9] и [10] соответственно; 4 — начало мартенситного превращения при быстром охлаждении [4—6].

непрерывно регистрировались на трех самопишущих электронных потенциометрах КСП-4. Градуировка показаний измерительного трансформатора проводилась при снятии каждой изотермы: фиксировались показания трансформатора, соответствующие 0 и 100% α -фазы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Результаты определения температур $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ превращения в сплавах Fe—Ni при непрерывном охлаждении и нагреве приведены на рис. 1. Данные о температурах $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения согласуются с результатами работ [9, 10]. Следует отметить, что температуры $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения при непрерывном нагреве практически совпадают с верхней границей двухфазной ($\alpha + \gamma$)-области равновесной диаграммы состояния системы Fe—Ni [11]. Температуры начала $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения согласуются с данными Кауфмана и Козна [10] и расположены несколько ниже температур, полученных в работе [9]. При малых содержаниях никеля температуры начала мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения (при очень быстром охлаждении [4—6]) расположены значительно ниже температур начала

¹ В работе принимала участие Н. А. Кулакова.