

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

М. Е. БЛАНТЕР

**О ВЛИЯНИИ ДОБАВКИ МОЛИБДЕНА НА МЕХАНИЗМ
ЭВТЕКТОИДНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АУСТЕНИТА**

(Представлено академиком Н. Т. Гудцовым 24 VII 1950)

В ранее опубликованной работе мы показали, что первичным процессом при эвтектоидном превращении аустенита является диффузия углерода, а перераспределение легирующих элементов между ферритом и цементитом, приводящее в ряде случаев к карбидному превращению, есть вторичный процесс ⁽¹⁾. Описывая постановку эксперимента, мы особо подчеркивали необходимость весьма кратких изотермических выдержек для того, чтобы разделить первичный и вторичный процессы и не позволить происходящему перераспределению элементов между ферритом и цементитом привести к ложным выводам о первичности образования специальных карбидов.

С этой точки зрения значительную трудность представляет исследование влияния молибдена, наиболее активно задерживающего перлитное превращение, в связи с чем для получения достаточных количеств новой фазы необходимо применение многочасовых выдержек. Таким образом, для установления механизма влияния молибдена следует получить сплавы, характеризующиеся в стабильном состоянии структурой специального карбида $(\text{Fe}, \text{Mo})_{23}\text{C}_6$, но отличающиеся большой скоростью превращения.

Для решения этой задачи нами были изготовлены молибденовые стали, дополнительно легированные кобальтом, ускоряющим процесс распада, но не влияющим на тип карбидной фазы. Состав изготовленных сплавов приведен в табл. 1.

Стали были подвергнуты изотермическому отжигу по режиму: нагрев до 1150° , выдержка 5 мин.; перенос в изотермическую ванну 680° , выдержка 6 час. Последующий карбидный и рентгеновский анализ * показал, что сплавы 1 и 3 (0,23—0,35% молибдена) содержат стабильный карбид цементитного типа, а стали 2 и 4 (0,56—0,6% молибдена) характеризуются наличием специального карбида типа $(\text{Fe}, \text{Mo})_{23}\text{C}_6$ (см. табл. 1).

Исследование кинетики изотермического распада в районе перлитного превращения (при 650°) показало резкое ускорение процесса под

Таблица 1

С, %	Мо, %	Со, %	Тип стабильного карбида
0,37	0,23	10,06	Fe_3C
0,37	0,60	10,04	$(\text{Fe}, \text{Mo})_{23}\text{C}_6$
0,92	0,35	10,2	Fe_3C
0,98	0,56	10,8	$(\text{Fe}, \text{Mo})_{23}\text{C}_6$

* Методика карбидного анализа подобна примененной нами ранее ⁽¹⁾.

влиянием кобальта. Так, например, в стали 4 (0,98% С, 0,56% Мо и 10,8% Со) превращение при 650° заканчивается через 2 мин. (нагрев до 1150°, 5 мин.) и даже через 60 сек. после нагрева до 950° (выдержка 5 мин.) (см. рис. 1).

Структуры продуктов распада имеют пластинчатое строение перлитного типа и твердость порядка 36—39 R_c . Таким образом, введение кобальта, сохраняя специальный карбид $(Fe, Mo)_{23}C_6$, ускоряет превращение в сотни раз и делает сплавы пригодными для решения поставленной задачи.

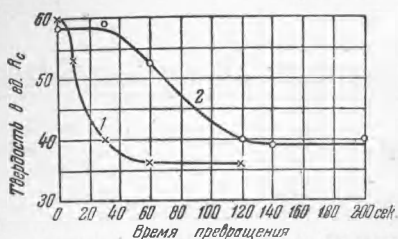


Рис. 1. Изотермическое превращение аустенита в стали с 0,98% С, 0,56% Мо и 10,8% Со при 650°. 1 — нагрев до 950° — 5 мин., 2 — нагрев до 1150° — 5 мин.

В табл. 2 приведены результаты исследования продуктов превращения сплавов после нормализации (опыты 1—4) и изотермической обработки в свинцовой ванне при 650° (выдержка 2 мин.) (опыты 5—8). Предварительный нагрев производился при 1150° в течение 5 мин.

Из данных табл. 2 следует, что в принятых условиях обработки структура всех сплавов характеризуется типичным для перлита пластинчатым строением. При этом, вне зависимости от стабильного

Таблица 2

№ опыта	№ сплава	Структура после обработки	Твердость	Тип карбидной фазы	Примечание
1	1	Перлит и феррит	91 R_b	Fe_3C	После нормализации
2	2	Перлит и феррит	94 R_b	Fe_3C	
3	3	Пластинчатый перлит	20 R_c	Fe_3C	
4	4	Сорбитообразный перлит	26 R_c	Fe_3C	
5	1}	Дисперсная пластинчатая	32 R_c	Fe_3C	После изотермической обработки при 650° — 2 мин.
6	2}	структура с малым количеством феррита	36 R_c	Fe_3C	
7	3}	Дисперсная пластинчатая	36 R_c	Fe_3C	
8	4}	структура	39 R_c	Fe_3C	

типа карбида (цементит для стали 1 и 3 и специальный карбид для стали 2 и 4), при эвтектоидном распаде получается только карбид цементитного типа.

Таким образом, прямым экспериментом показано, что в стали с молибденом, при создании условий, исключающих вуализующее влияние вторичного процесса перераспределения молибдена между ферритом и карбидами, первичным карбидным образованием является цементит (сплавы 2 и 4). В то же время длительная изотермическая выдержка приводит к получению в этих сталях стабильных специальных карбидов $(Fe, Mo)_{23}C_6$ (см. табл. 1). Таким образом, при легировании молибденом механизм эвтектоидного распада сохраняется подобным установленному для легированных никелем, кобальтом, кремнием и хромом сталей (1).

Дополнительные доказательства предложенного механизма эвтектоидного распада содержатся в экспериментальных данных других исследователей. Так, образование первичного феррита при изотермическом распаде легированного аустенита при 705° (содержание молибдена в стали изменяется от 0 до 0,93%) происходит без диффузии молибдена, хотя время до конца выделения увеличивается от 5 до

1000 сек. ⁽²⁾). Содержание молибдена в феррите оказывается равным содержанию его в аустените, т. е. в стали.

Выделение вторичных карбидов при изотермическом распаде хромистого аустенита также происходит без повышения концентрации хрома в карбидах* ⁽³⁾). Таким образом, образование феррита или карбидов из аустенита не нуждается в предварительном перераспределении и диффузии легирующих элементов в аустените, а отсутствие второй фазы (карбидов ⁽²⁾ и феррита ⁽³⁾) снимает вторичный эффект перераспределения элементов между карбидами и ферритом и позволяет изучить первичный процесс в чистом виде.

Причина получения температурного района „прямого“ образования специального карбида молибденовой стали при перлитном превращении ⁽⁴⁾ объясняется большими временами выдержки (более 1,5 час.) и явлением вторичного перераспределения молибдена между ферритом и цементитом в процессе медленно идущего превращения.

Двойная изотермическая выдержка (нагрев 950°—8 мин., изотермическая выдержка 550°—5 мин. и последующий перенос в ванну с температурой 680°, выдержка 2,5 часа) приводят в этих опытах к образованию смеси цементита и специального карбида не потому, что сохраняется цементит, образовавшийся при 550° в течение 5 мин. Сущность заключается в том, что выбранная авторами работы ⁽⁴⁾ температура предварительного нагрева (950°) не обеспечивает полного растворения карбидных частиц, что доказывается данными другой их работы ⁽⁵⁾, когда повышение температуры нагрева подобной молибденовой стали от 950 до 1150° приводит к резкому уменьшению скорости зарождения при перлитном распаде.

Сохранившиеся дисперсные частицы специального карбида $(\text{Fe}, \text{Mo})_{23}\text{C}_6$ при одинарной изотермической обработке обуславливают кристаллизацию на готовых поверхностях карбидов типа, соответствующего „подкладке“, т. е. $(\text{Fe}, \text{Mo})_{23}\text{C}_6$. При двойной изотермической обработке первая выдержка при 550° обеспечивает, в силу температурных условий, осаждение цементита на нерастворенных карбидных частицах и „экранирование“ влияния готовой поверхности специального карбида на тип образующейся карбидной фазы. Поэтому при последующем переходе на температуру 680° (выдержка 2,5 часа) получается смесь цементита и специального карбида.

Таким образом, эти опыты весьма наглядно иллюстрируют роль готовой „подкладки“ при формировании кристаллических структур.

Это рассуждение не исключает справедливости принципиальной схемы, приведенной авторами на рис. 2 ⁽⁴⁾. Однако, как следует из опытов Баумана ⁽²⁾, переохлаждение всего на 20° (до 705°) приводит уже к условиям, не требующим предварительной диффузии молибдена в аустените. Таким образом, район прямого образования специального карбида из аустенита в области перлитного превращения, вероятно, очень сжат по температуре, прилегая к A_1 , и не характеризует механизм превращения в области в целом.

Поступило
11 VII 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. Е. Блантер, ЖТФ, 18, № 4, 529 (1948). ² F. Bowman, Tr. of ASME, 36 (1946). ³ Н. Е. Карский, Тр. ВИАМ, 1, 4 (1948). ⁴ Б. Ю. Метт и Р. И. Энтин, ДАН, 68, № 4 (1949). ⁵ Р. И. Энтин, Проблемы металловедения и физики металлов, 1949. ⁶ И. П. Липилин, Сталь, № 2, 181 (1947). ⁷ Б. Ю. Метт и Р. И. Энтин, ДАН, 72, № 3 (1950).

* Доказательства, предложенные в настоящей работе, вполне законны и для рассмотрения данных по изучению изотермического превращения в хромистых ^(6,7) и других сталях.