

Л. М. ПЕВЗНЕР, Г. М. РОВЕНСКИЙ и Т. Д. КУБЫШКИНА

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА ПРИ ПРЕВРАЩЕНИИ В ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЗОНЕ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 6 VI 1952)

Характерной особенностью процесса распада аустенита в промежуточной зоне для некоторых конструкционных сталей является то, что этот процесс затормаживается, не дойдя до конца, а нераспавшийся аустенит сохраняется при охлаждении до очень низких температур. Неоднократно высказывалось предположение, что причиной высокой устойчивости этого аустенита является его обогащение углеродом, а по мнению некоторых исследователей, и легирующими элементами.

Однако, если превращение в промежуточной зоне идет через образование мартенсита⁽¹⁾, возможно предположение, что стабилизация аустенита происходит и без изменения концентрации в нем углерода или легирующих элементов, подобно тому как это наблюдается в мартенситной зоне.

Незначительное (на 10—12%) повышение концентрации углерода в аустените после частичного превращения в промежуточной зоне было показано для заэвтектоидной углеродистой стали⁽²⁾.

Целью настоящей работы являлось определить путем измерений постоянной решетки концентрацию углерода в остаточном аустените в доэвтектоидных легированных сталях после изотермического распада в промежуточной зоне (в особенности в нижней ее части) и выяснить, сопровождается ли процесс превращения в этой зоне перераспределением углерода.

Исследовалась сталь 30ХГСА и некоторые другие того же типа, которые после изотермической закалки в нижней части промежуточной зоны содержат значительное количество остаточного аустенита (7—20%).

Чтобы показать, что типичные особенности превращения в промежуточной зоне не связаны с наличием карбидообразующих элементов, была исследована также сталь с 0,30% С и 2,7% Si.

Для изучения кинетики превращения и для анализа количественного соотношения фаз был применен магнитный анизометр Н. С. Акулова усовершенствованной нами конструкции.

Для определения постоянной решетки остаточного аустенита был применен прецизионный метод обратного отражения со специальным ванадиевым излучением и титановым фильтром. Однако этот метод оказался непригодным для анализа образцов с содержанием аустенита менее 12%. Поэтому был использован также метод структурного анализа со стандартом (серебряным порошком). Съемка проводилась на кобальтовом излучении с железным фильтром.

Применение параллельно двух методов для образцов, содержащих более 12% аустенита, дало возможность оценить точность определения постоянной по методу со стандартом: погрешность не превышала 0,002 Å, (см. рис. 2 з).

На рис. 1 а и б приведены рентгенограммы, полученные для одного образца двумя методами.

Для определения концентрации углерода в аустените была использована линейная зависимость между постоянной решетки и содержанием углерода, построенная на основании изучения остаточного аустенита в углеродистых сталях после обычной закалки (3). Предполагалось, что влияние легирующих элементов на постоянную решетки невелико по сравнению с влиянием углерода.

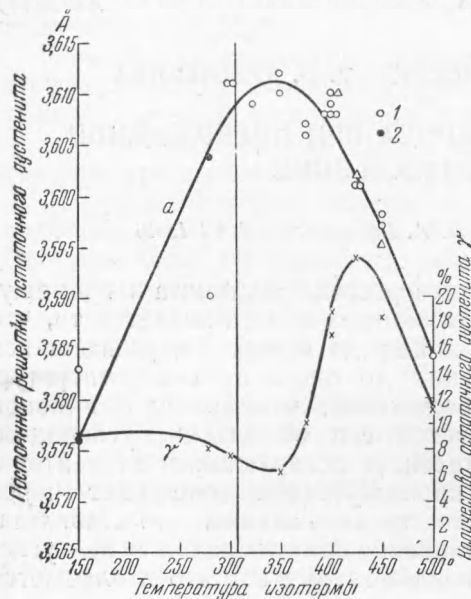


Рис. 2. Зависимость постоянной решетки остаточного аустенита a и количества остаточного аустенита γ от температуры изотермы. Сталь 30ХГСА. 1 — выдержка при температуре изотермы 15 мин.; 2 — выдержка 5 час.; Δ — выдержка 15 мин. (метод отражения)

затуханием процесса образования игольчатого троостита; однако количество образующегося игольчатого троостита быстро убывает при повышении температуры изотермы (приближение к зоне устойчивости), а нераспавшийся аустенит становится менее устойчивым; например, при температуре 450° образуется лишь 60% игольчатого троостита, и 16% аустенита превращается при охлаждении до комнатной температуры в мартенсит.

При более длительных изотермических выдержках в верхней части промежуточной зоны скорость распада аустенита снова увеличивается в связи с наложением перлитного превращения.

Максимальная постоянная решетки остаточного аустенита наблюдалась после изотермического распада в нижней части промежуточной зоны (при температуре 325°) и равнялась 3,612 Å, что соответствует содержанию углерода 1,4% (по другим градуировочным данным 1,2%).

Закономерности превращения для стали с 2,7% Si оказались те же, что и для стали 30ХГСА: постоянная решетки остаточного аустенита достигла 3,617 Å, что соответствует содержанию С 1,55—1,4%. Как известно, у доэвтектоидных углеродистых сталей аустенит в течение довольно короткой изотермической выдержки в промежуточной зоне

показало, что в нижней части промежуточной зоны (325—370°) в течение 15—20 мин. распадается около 85—90% аустенита, а при дальнейшей выдержке до 3 час. — не более 1—1,5%; при охлаждении до комнатной температуры (как после 15-минутной, так и после 3-часовой выдержки) распадается также не более 1,5%; очень незначительный распад наблюдается и при охлаждении до —195°, т. е. нераспавшийся аустенит имеет резко пониженную мартенситную точку.

Структура при комнатной температуре представляет собой смесь игольчатого троостита и 7—15% остаточного аустенита.

При более высоких температурах изотермы также наблюдается торможение процесса распада через 15—20 мин., что объясняется

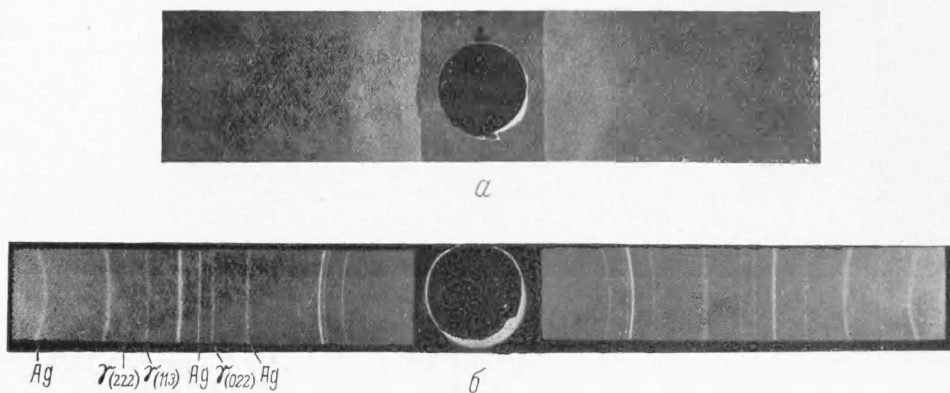


Рис. 1. Рентгенограммы образцов стали 30ХГСА. Закалка с 900° в соль при температуре 400° , выдержка 15 мин. Количество остаточного аустенита 17,8%. *а* — ванадиевое излучение, съемка на отражении; *б* — кобальтовое излучение, съемка с эталоном Ag

распадается до конца. Следовательно, Si способствует торможению распада в этой зоне и образованию обогащенного углеродом остаточного аустенита.

При повышении температуры изотермы в промежуточной зоне концентрация углерода в аустените уменьшается (рис. 2, выдержка 15 мин. до конца процесса образования игольчатого троостита). В действительности средняя концентрация углерода в нераспавшемся аустените в конце изотермической выдержки падает при повышении температуры изотермы еще сильнее, чем показано на рис. 2. Это объясняется тем, что при охлаждении с высоких температур изотермы наиболее бедные углеродом участки распадаются, вследствие чего аустенит, сохранившийся при комнатной температуре и подвергавшийся исследованию, имел более высокое содержание углерода.

При незначительном, на 30—40°, переохлаждении ниже M_n для всех изученных сталей наблюдается наложение на мартенситное превращение интенсивного, но довольно медленно протекающего процесса образования игольчатого троостита.

При увеличении длительности выдержки в этой зоне температур (в процессе образования игольчатого троостита) постоянная решетки остаточного аустенита увеличивается, приближаясь к значениям, наблюдавшимся в промежуточной зоне; например, для стали 30ХГСА постоянная после 5-минутной выдержки при температуре 280° равнялась 3,590 Å, а после 5-часовой — 3,604 Å (рис. 2).

При значительном переохлаждении ниже M_n , когда игольчатого троостита не образуется, постоянная решетки остаточного аустенита резко уменьшается (рис. 2); это показывает, что мартенситное превращение проходит (как и следовало ожидать) без изменения концентрации.

Проведенное исследование показало следующее: превращение в промежуточной зоне начинается с участков, обедненных углеродом. В процессе образования игольчатого троостита происходит дальнейшее перераспределение углерода и обогащение остаточного аустенита углеродом, причем концентрация углерода достигает 1,2—1,5%, т. е. в 3—4 раза превышает среднее содержание углерода в исследованных сталях.

Большое содержание углерода в остаточном аустените объясняет его высокую устойчивость. При повышении температуры изотермы в промежуточной зоне концентрация углерода в остаточном аустените уменьшается, что и является причиной уменьшения его устойчивости.

Между постоянной решетки остаточного аустенита и количеством образовавшегося игольчатого троостита имеется зависимость, близкая к линейной (рис. 3).

В результате распада в нижней части промежуточной зоны для изученных сталей получалась смесь 10—20% весьма пересыщенного углеродом (до 1,2—1,5%) аустенита и около 80—90% игольчатого троостита со средним содержанием углерода не более 0,1%.

Таким образом, исследованные стали после изотермической закалки отличаются от стали после обычной закалки и отпуска, во-первых,

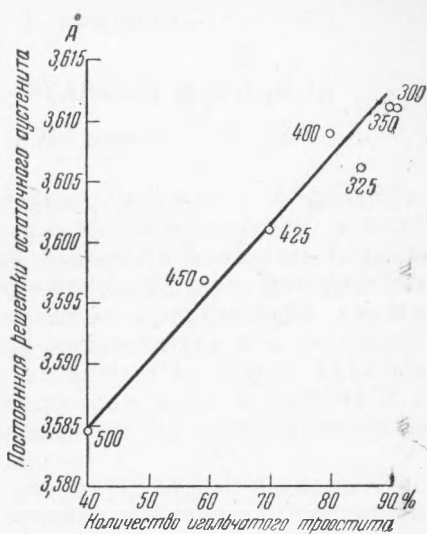


Рис. 3. Зависимость постоянной решетки остаточного аустенита от количества игольчатого троостита, образующегося при различных температурах изотермы. Сталь 30ХГСА. Цифры при точках указывают температуру изотермы

