

обращать внимание на характер трещин, особенности микрорельефа поверхности излома и возможность достижения рабочими напряжениями предела текучести.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ПЕРЕОХЛАЖДЕННОМ АУСТЕНИТЕ ЗА ВРЕМЯ ИНКУБАЦИОННОГО ПЕРИОДА ДО НАЧАЛА $\gamma \rightarrow \alpha$ ПРЕВРАЩЕНИЯ

М.А. Жукова,
В.Б. Звягин,
Е.З. Степанов

За время до начала $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения в переохлажденном ниже критических температур аустените могут протекать процессы, оказывающие существенное влияние на структуру, а следовательно, и свойства стали, полученные в результате последующей закалки и отпуска. О характере этих процессов можно судить по закономерностям изменения количества остаточного аустенита и изменению субструктуры мартенсита после закалки. С этой целью исследовались монолегированные стали с повышенным содержанием углерода: 90X3 (С - 0,90%, Сг - 3,19%), 90Н4 (С - 0,88%, Ni - 4,40%)

Образцы в виде пластин размером 1,2x15x20 мм после аустенитизации в соляной ванне при 1200°C в течение 7 м переносились в изотермическую среду (соляную ванну) с температурой, соответствующей перлитному или бейнитному превращениям, выдерживались в течение времени до начала $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения, а затем резко закаливались в солевой воде. Количество остаточного аустенита определяли с помощью рентгеновского дифрактометра по методике, изложенной в ОСТ 5.9620-75. Субструктуру мартенсита также исследовали с помощью рентгеновского дифрактометра методом гармонического анализа линии (110) и (220) с последующей обработкой данных на ЭВМ. Полученные результаты сравнивали с данными образца - эталона, который был подвергнут закалке в воде непосредственно после аустенитизации.

Исследованная хромистая сталь 90X3 имеет два минимума инкубационного периода (рис.1): в перлитной области при температуре 650° С не менее 45 с, и в бейнитной области при температуре 325°С не менее 20 м. В интервале температур 400°- 425°С имеет место промежуточный максимум устойчивости аустенита.

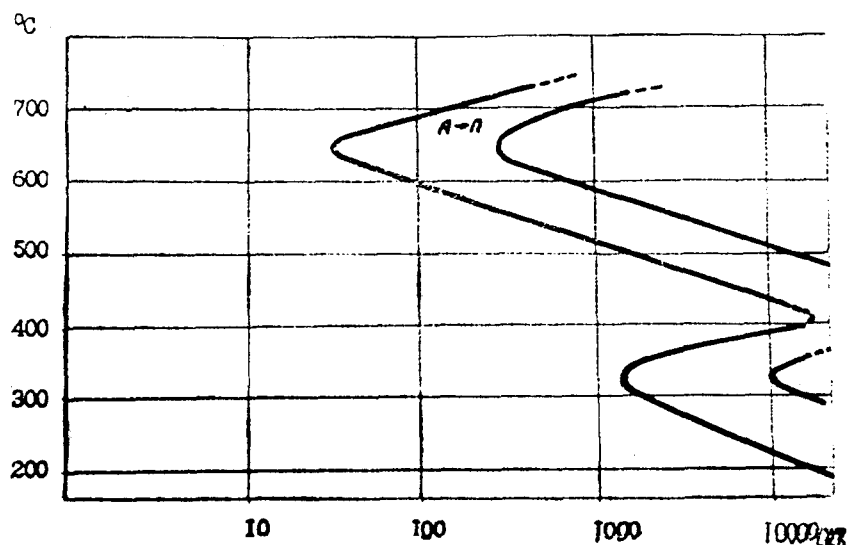


Рис. 1. Диаграмма изотермического превращения аустенита в стали 90X3.

Влияние температуры изотермической выдержки в течение инкубационного периода на полноту последующего мартенситного превращения в этой стали неоднозначно (рис. 2а). За время изотермической выдержки в перлитной области перераспределение примесных атомов в аустените может вызвать, во-первых, выделение карбидной фазы, а во-вторых, образование сегрегаций (объемов аустенита, обогащенных и обедненных углеродом), предшествующих образованию ферритоцементной эвтектоидной смеси. Первый процесс должен повышать степень превращения обедненного углеродом и легирующими элементами аустенита в мартенсит при последующей закалке, а второй, наоборот - способствовать понижению объема превращенного аустенита.

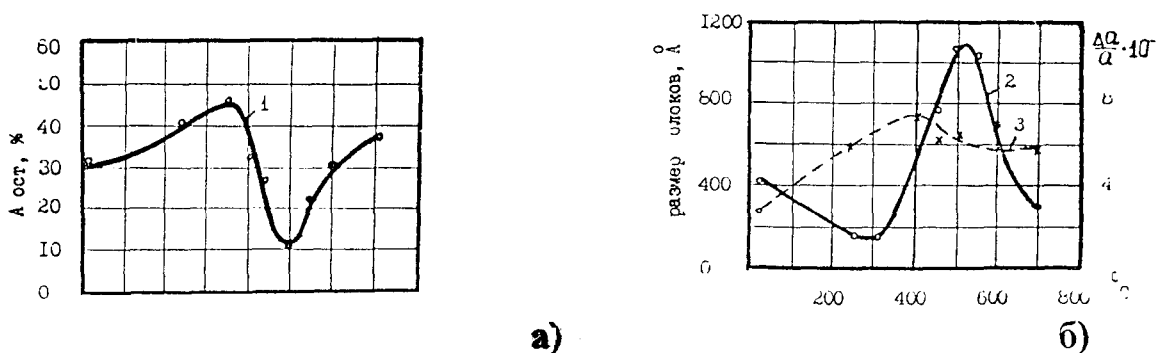


Рис. 2. а, б. Влияние процессов, протекающих в аустените при различных температурах за время инкубационного периода на количество остаточного аустенита (1 а), размер блоков (2 г), величину микронапряжений (3 б) в мартенсите (сталь 90X3).

В верхнем интервале температур, по-видимому, преобладает влия-

ние процесса образования сегрегаций, так как изотермические выдержки выше 600°C повышают содержание остаточного аустенита в структуре закалки по сравнению с эталонным образцом, подвергнутым непосредственной закалке в воде. Однако, с понижением температуры изотермической ступеньки объем превратившегося после охлаждения аустенита интенсивно увеличивается, и ниже 600°C количество непревращенного аустенита становится меньше, чем в эталонном образце. Очевидно, при этом увеличивается количество выделяющихся из аустенита до начала превращения карбидов при соответствующем увеличении времени инкубационного периода.

Количество остаточного аустенита достигает минимального значения после изотермической ступеньки при 500°C . Впоследствии выяснилось, что данная температура соответствует нижней границе образования псевдозвтектоида. При дальнейшем понижении температуры изотермической ступеньки объем остаточного аустенита вновь увеличивается, что, очевидно, свидетельствует об уменьшении количества выделяющихся из аустенита карбидов и возрастающем влиянии на степень превращения процесса образования сегрегации. Максимум количества остаточного аустенита в стали 90X3 наблюдается после изотермической ступеньки при температуре около 350°C . При дальнейшем понижении температуры ступеньки количество остаточного аустенита постепенно уменьшается (см. рис. 2а). Необходимо отметить, что при температурах промежуточного максимума устойчивости аустенита ($400^{\circ} - 425^{\circ}\text{C}$) изотермическая выдержка (ступенька) продолжительностью более 3 часов практически не влияет на объем превратившегося в мартенсит аустенита и субструктуру этого мартенсита.

Характерно, что кривую изменения размеров блоков (областей когерентного рассеивания) мартенсита исследованной стали 90X3 (рис. 2б) можно считать (с небольшим допущением) зеркальным отражением кривой изменения количества остаточного аустенита в зависимости от температуры изотермической выдержки в течение инкубационного периода: т.е. при тех температурах, при которых изотермические ступеньки приводят к увеличению количества остаточного аустенита, размер блоков в мартенсите, образовавшемся при последующей закалке, уменьшается, достигая минимума при температуре изотермической ступеньки $300^{\circ} - 350^{\circ}\text{C}$, и наоборот. Таким образом, по-видимому, проявляется возникновение сегрегаций в аустените, повышающих его неоднородность. Как следствие, уменьшаются обедненные углеродом микрообъемы аустенита, способные к мартенситному превращению при последующем охлаждении в воде.

В работе [1] показано, что увеличение микронапряжений второго рода вызывает снижение ударной вязкости стали. Из рис. 2б следует, что изотермические ступеньки при температурах выше M_n повышают величину микронапряжений. Причем, по мере повышения температуры ступеньки величина микронапряжений вначале возрастает, достигает мак-

симального значения при температуре 400 °С, а затем несколько убывает, оставаясь однако выше величины эталонного образца.

На рис. 3 показано влияние изотермических выдержек при различных температурах в течение времени до начала $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения на количество остаточного аустенита, фиксируемого последующей закалкой в стали 90Н4. Как и в стали 90Х3, выдержка в перлитной области уменьшает количество остаточного аустенита после закалки. Минимальный объем последнего наблюдается после ступеньки при 400-450° С, т.е. при нижней температуре образования псевдоэвтектоида в этой стали. После изотермических выдержек в области температур образования чисто бейнитных структур объем непревратившегося аустенита постоянно увеличивается, максимальное его количество наблюдается после ступенек при температурах образования нижнего бейнита.

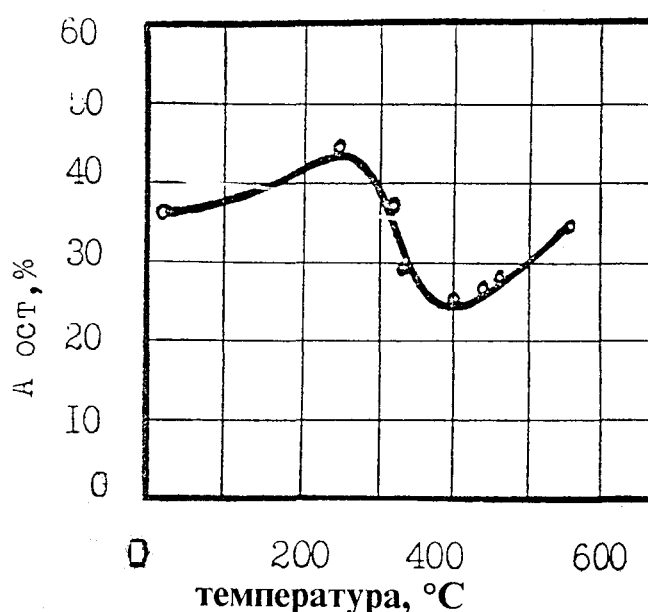


Рис. 3. Влияние процессов, протекающих в аустените при различных температурах за время инкубационного периода; на количество остаточного аустенита (сталь 88Н4).

Таким образом, процессы, протекающие в аустените за время инкубационного периода, оказывают существенное влияние на полноту последующего его мартенситного превращения, субструктуру этого мартенсита и величину в нем микронапряжений. Значительное повышение количества остаточного аустенита наблюдается после изотермических ступенек при температурах образования нижнего бейнита. Повышение количества остаточного аустенита свидетельствует об увеличении степени неоднородности структуры закалки. Выделение из аустенита до начала $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения значительного количества карбидов в интервале образования псевдоэвтектоида обуславливает уменьшение количества остаточного аустенита. Следует учитывать однако, что эти карбиды являются "балластными", так как связывают углерод, необходимый для упрочнения пересыщенного твердого раствора (мартенсита).

При высокотемпературном отпуске они могут вырастать до значительных размеров, огрублять структуру отпуска и таким образом снижать свойства стали.

Из изложенного следует, что ступенчатая закалка, так же как и замедленное охлаждение при обычной закалке, усиливает неоднородность структуры. В меньшей степени неоднородность повышается после изотермической ступеньки при температурах промежуточного максимума устойчивости аустенита. Увеличение неоднородности структуры в результате изотермических ступенек или замедленного охлаждения оказывает неблагоприятное влияние на свойства стали. Это убедительно показано исследованием влияния скоростей охлаждения при закалке крупных поковок и проката из конструкционной стали на их свойства в условиях полной прокаливаемости [2, 3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысак Л.И., Николин Б. И. Физические основы термической обработки стали. - Киев: Техника, 1975. - 303 с.
2. Большаков В.И., Стародубов К.Ф., Тылкин М. А Термическая обработка строительной стали повышенной прочности. - М.: Металлургия, 1977. - 194 с.
3. Гладштейн Л.Н., Литвиненко Д.А. Высокопрочная строительная сталь. М.: Металлургия, 1972, 239 с.

ВЛИЯНИЕ ИСХОДНОЙ СТРУКТУРЫ ЗАКАЛКИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТЕРМИЧЕСКИ УЛУЧШАЕМЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Е.З.Степанов
М.А.Жукова
В.Б.Звягин

При термическом упрочнении (закалке) крупных поковок из конструкционных сталей нередко наряду с мартенситом образуются и другие продукты превращения аустенита: как правило, разновидности бейнита, значительно реже - продукты превращения аустенита в перлитной области. В отношении неблагоприятного влияния последних на свойства сталей сомнений нет. Однако, существует неоднозначность в оценке влияния на свойства бейнита, особенно нижнего бейнита. Это и послужило предпосылкой для сравнительного изучения работоспособности высокоотпущенных сталей с исходной мартенситной и мартенситно-бейнитной структурами. Исследование проводилось применительно к продукции и условиям производства атомного машиностроения АО "Ижорские заводы".

Исследовались стали различного состава. Далее приводятся результаты испытаний трех марок стали: 34ХНМА, 36ХСА, 12ХНЗА. Схема