

ВОПРОСЫ ПРОЧНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЛИТОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ НА БЕЙНИТ

Ю. А. ЕВТЮШКИН

(Представлено докт. техн. наук проф. А. Н. Добровидовым)

Впервые изотермическое превращение в промежуточной (бейнитной) зоне было подмечено С. С. Штейнбергом в тридцатых годах, но более полные исследования были проведены Бейном, Г. В. Курдюмовым, А. П. Гуляевым, В. Д. Садовским.

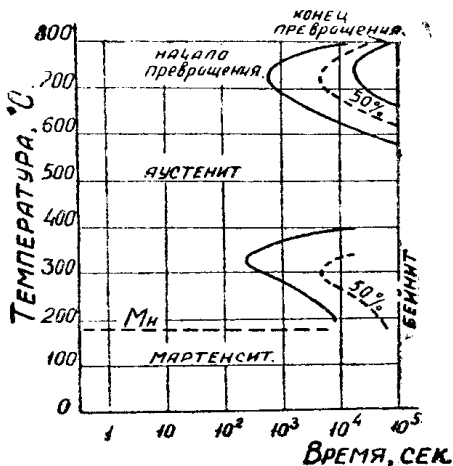
Однако, как отмечает ряд авторов, [1, 2] до сих пор бейнитное превращение изучено недостаточно, и в литературе имеется ряд противоречивых данных и различных предложений для объяснения особенностей этого превращения [3].

Продукты данного превращения не имеют общепринятого названия. В металловедческой литературе им приписываются разные названия — „игольчатый тростит“, „бейнит“, „псевдомартенсит“, „штейнбергит“ [1, 4].

На С-образной диаграмме бейнитная область находится выше температур, соответствующих мартенситному превращению (фиг. 1).

Бейнит представляет высокодисперсную смесь пересыщенного углеродом феррита и специальных карбидов. От тростита бейнит отличается наибольшей размельченностью фаз, доходящей даже до молекуляр-дисперсоида. Выделяющаяся при образовании бейнита альфа-фаза содержит в растворе значительное количество легирующих элементов и углерода; при этом феррит не является вполне равновесным, а следовательно, должно существовать и некоторое искажение кристаллической решетки.

Установлено, что структура при этом состоянии получается не в виде округлых выделений, как в тростите, а в виде игольчатых образований, подобно мартенситу. От мартенсита эти иглы отличаются тем, что в них содержатся мельчайшие карбидные образования



Фиг. 1.

в смеси с ферритом. Различить внутреннюю структуру бейнита можно лишь с помощью электронного микроскопа.

Существует два способа получения бейнита, в зависимости от которых различают первичный и вторичный бейнит. Первичный бейнит получается в результате изотермического распада переохлажденного аустенита. Вторичный бейнит получается в результате распада при отпуске остаточного аустенита, если охлаждение стали прервано при температурах, близких к точке M , и дана изотермическая выдержка.

Считается, что бейнит только немного мягче, но определенно более вязок и пластичен, чем мартенсит [2,4]. В литературе также есть указания, что присутствие бейнита в быстрорежущей стали может повысить стойкость инструмента. Иногда целесообразно, как показал Ю. А. Геллер [3], применять бейнитную закалку для уменьшения деформации и коробления.

Повышение механических свойств стали, обработанной на бейнит, является следствием того, что образование структуры бейнита происходит с большей выдержкой при более высоких температурах и с меньшим увеличением объема, чем мартенсита, и поэтому явления, снимающие фазовый наклеп (поскольку при образовании мартенситного или бейнитного кристалла возникает местная пластическая деформация), успевают пройти. В результате этого уменьшаются внутренние напряжения в закаленной стали и опасность возникновения микротрещин.

Как известно, основным недостатком быстрорежущей стали, отлитой в металлические формы, является малая ударная вязкость и прочность. Низкая прочность литой стали обуславливается не только наличием в структуре хрупкой эвтектики, но также большими внутренними напряжениями и микротрещинами.

При отливке быстрорежущей стали в металлические формы центробежным способом кроме измельчения зерна происходит измельчение эвтектики; структура стали становится более однородной, нежели при других способах отливки. Однако прочность стали и при этом способе отливки остается низкой, из-за наличия внутренних напряжений.

Как известно, при отливке быстрорежущей стали в металлические формы вследствие большой скорости охлаждения и перепада температуры по сечению отливки возникают большие температурные напряжения. При повышении предела упругости развивается пластическая деформация, наклеп. Так как предел упругости аустенита очень мал, то возникновение местной пластической деформации неизбежно. Процессы отрыва ввиду большой скорости охлаждения пройти не успевают. При дальнейшем охлаждении стали к температурным напряжениям присоединяются структурные, возникающие в результате превращения аустенита в мартенсит. В результате предел прочности при изгибе литой быстрорежущей стали равен всего $\sigma_{в.и.} = 65 \text{ кг/мм}^2$, в то время как ковкая сталь имеет предел прочности $\sigma_{в.и.} = 240 \text{ кг/мм}^2$.

Твердость стали после отливки в кокиль из-за наличия наклепа весьма высокая ($H_{Rc} = 62-65$), несмотря на большое количество остаточного аустенита.

Давая длительную выдержку литой стали в бейнитном интервале температур, мы, тем самым, снимаем остаточные напряжения и наклеп. Кроме того, заменяя мартенситное превращение бейнитным, получаем фазы с меньшей разницей объема. Все это дает возмож-

ность уменьшить внутренние напряжения, деформации и опасность возникновения микротрещин.

Основная цель работы заключалась в том, чтобы с помощью обработки на бейнит увеличить прочность литой стали.

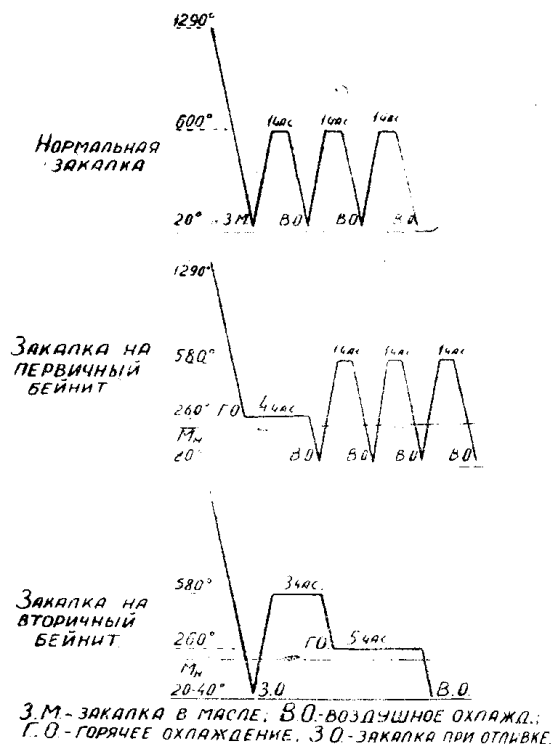
Описание опытов

Исследованию подвергалась литая быстрорежущая сталь типа P18. Для плавления стали был использован ламповый генератор ТВЧ. Сталь плавилась в набивном съемном тигле емкостью 2 кг. Выгорание углерода компенсировалось добавкой „быстрорежущего чугуна“ — науглероженной быстрорежущей стали. Отливка образцов производилась в металлические формы центробежным способом.

Термическая обработка образцов производилась по следующим режимам:

1. Нормальная закалка (сравнительный вариант).
2. Закалка на первичный бейнит.
3. Обработка на вторичный бейнит.

Все эти режимы термической обработки графически представлены на фиг. 2.



Фиг. 2.

После термической обработки производились механические испытания, результаты которых сведены в табл. 1.

Из сравнения результатов испытаний видно, что образцы, обработанные на вторичный бейнит, имеют более высокие механические свойства, нежели образцы, в которых получена структура первичного бейнита. Это можно объяснить тем, что вторичный бейнит образуется из остаточного аустенита, когда уже часть аустенита перешла

Таблица 1

№№ пп	Состояние стали	Предел прочности при изгибе в кг/мм ²	Твердость по Роквеллу	Ударная вязкость в кгм/см ²
1	После отливки	60	62	0—0,2
2	Литая сталь после нормальной закалки	54—65	65	0,1—0,3
3	Первичный бейнит	85—100	60	0,2—1
4	Вторичный бейнит	188—196	60	1,5—1,8
5	Кованая сталь	240	63	1,7—2

в мартенсит и дальнейшее образование мартенсита происходило бы в почти цельной мартенситной массе. Это вызвало бы большие внутренние напряжения и наклеп по границам зерен. Вот почему эти последние порции мартенсита выгодно заменять бейнитом.

Первичный же бейнит не так эффективен по тем причинам, что он заменяет первые порции мартенсита, которые образуются в мягком аустените. Кроме того, образующийся при отпуске из остаточного аустенита мартенсит снова создает внутренние напряжения и фазовый наклеп и тем самым ликвидирует благотворное влияние выдержки при первичной бейнитизации.

Из таблицы результатов испытаний также видно, что крайние значения прочности у образцов, обработанных на вторичный бейнит, находятся в значительно более узких пределах, чем при других режимах обработки. Отклонения от среднего значения предела прочности составляют $\pm 9\%$ для нормальной закалки; $\pm 8\%$ для первичного бейнита и $\pm 2\%$ для вторичного бейнита. Такие колебания значений прочности получаются за счет наличия внутренних дефектов, возникших при термической обработке. Понятно, что столь значительные колебания (особенно при нормальной закалке) не могут обеспечить равномерной стойкости литого инструмента, особенно если он работает с ударами.

Чтобы нагляднее выявить действие бейнитной обработки на прочность литой стали, часть образцов отпускалась на твердость бейнита $H_{Rc} = 60$. Однако прочность этих образцов оказалась значительно ниже $\sigma_{в.и.} = 65-84$ кг/мм².

Выводы

Обработка быстрорежущей стали, отлитой в металлические формы на вторичный бейнит, позволила устранить внутренние напряжения и снять наклеп. В результате прочность стали значительно увеличилась.

Для стали, отлитой в земляные формы, бейнитная обработка малоэффективна, так как здесь основное влияние на прочность оказывают не внутренние напряжения и не фазовые превращения, а наличие грубой, хрупкой сетки эвтектики.

Термическая обработка на вторичный бейнит будет полезна для литого инструмента, работающего на изгиб или с ударными нагрузками, поскольку твердость бейнита незначительно меньше, чем мартенсита, но зато его вязкость много выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Гуляев. Термическая обработка стали. Машгиз, 1953.
 2. С. Г. Кооп. Термическая обработка быстрорежущей стали. Metallurgizdat, 1956.
 3. Ю. А. Геллер. Инструментальные стали. Metallurgizdat, 1955.
 4. А. П. Гуляев, К. А. Малинина. „Изотермическое превращение аустенита быстрорежущей стали. Metallovedenie i obrabotka metallorv, № 12, 1956.
-