

Н.Н. Давиденков

Проблема удара в металловедении

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 66.0
ББК 35
Н11

Н11 **Н.Н. Давиденков**
Проблема удара в металловедении / Н.Н. Давиденков – М.: Книга по Требованию, 2024. – 121 с.

ISBN 978-5-458-60501-4

ISBN 978-5-458-60501-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Изменение механических свойств металла при воздействии на него ударных сил представляет собою одну из наименее обследованных областей металловедения. Условия появления хрупких изломов далеко еще не изучены, и самые результаты ударных испытаний не могут быть использованы конструкторами с достаточной полнотой. Между тем при современном состоянии наших знаний уже можно определить те пути, по которым должна направиться дальнейшая исследовательская работа, чтобы из более или менее случайной обратиться в планомерную и целесообразную. Однако объем этой работы так велик, что она не может быть выполнена силами и средствами одной какой-нибудь лаборатории и вызывает необходимость организации работы коллективной.

В настоящей монографии автор попытался дать метод возможного использования результатов ударных испытаний для получения количественных критериев, полезных в конструкторской работе. В свете этого метода оказалось возможным обрисовать общую картину тех вопросов, которые надлежит решить в первую очередь путем систематических экспериментов; эта картина обосновывается необходимостью произвести выбор между различными точками зрения на эти вопросы и учитывает опытный и литературный материал, которым мы располагаем в настоящее время. При этом во многих случаях вместо простой проверки требуется разрешить назревшие противоречия, и от искусства экспериментатора будет зависеть поставить опыт в форме такого *experimentum crucis*, который решил бы вопрос однозначно и бесповоротно.

В целом монография представляет собою некоторую ориентировочную программу, по которой могли бы работать те лаборатории, которые пожелают присоединить свои усилия к общему делу упорядочения проблемы практического использования ударных характеристик металла. Автор надеется, что эта программа поможет внести в исследовательскую работу по удару плановое начало.

При изложении своей темы автор предполагает некоторое знакомство читателей с его книгой «Динамические испытания металлов» (1936) и потому по большинству вопросов, уже освещенных ранее, делает лишь соответствующие ссылки.

Особенное значение автор придает статистическому методу обработки результатов испытания, поскольку ударные испытания больше чем какие-либо другие требуют значительного числа образцов и поскольку для них само рассеяние результатов испытания является характерным признаком

состояния металла. Имея в виду, что статистический метод в его практически развитой форме еще недостаточно знаком нашим экспериментаторам и применяется лишь в очень немногих лабораториях, автор счел целесообразным посвятить ему особое дополнение, любезно составленное по его приглашению проф. Н. П. Шаповым и А. И. Кочетовым; ценность этого дополнения особенно велика потому, что оно оперирует с фактическим материалом, взятым из действительной жизни, и показывает, к каким полезным результатам приводит умелое применение статистики.

В настоящей работе автору оказали большую помощь его сотрудники по работе Ф. Ф. Витман и П. С. Сахаров. Первому принадлежит § 29, второму — главы 7 и 8. Им автор приносит свою глубокую благодарность, равно как и Е. М. Шевандину, любезно просмотревшему рукопись и давшему ценные советы.

Н. Давиденков

Глава I

ПРОБЛЕМА УДАРА КАК ПРОБЛЕМА ХЛАДНОЛОМКОСТИ

1. ХРУПКИЕ И ВЯЗКИЕ ИЗЛОМЫ

Одно из основных свойств, которое мы в настоящее время требуем от металла, заключается в его вязкости, или неспособности получить излом без предшествующей ему значительной пластической деформации. Это качество чрезвычайно ценно для нас во многих отношениях. Во-первых, пластическая деформация, обнаружившаяся у изделия во время его службы, будет сигнализировать о выходе рабочих напряжений за допускаемые пределы задолго до поломки. Во-вторых, в случае, если нагрузка изделия задается, как это часто бывает, не силой, а энергией (удар), большая энергетическая емкость (работоспособность) металла позволяет этой энергии произвести значительную работу неупругой деформации и тем самым исчерпывает ее раньше, чем напряжения в металле достигнут опасной для прочности величины.

В этом заключается одна из главных причин того, что чугун в свое время был так быстро вытеснен железом. Эти же соображения хорошо объясняют ту тревогу, которая охватила технические круги, когда в начале XIX в. было обнаружено — сначала на осях омнибусов — появление хрупких изломов у сварочного железа; только после того как специальными исследованиями в Англии и Германии было выяснено, что этих явлений, называемых также усталостью металла и обусловленных существованием повторно-переменных напряжений, можно избежать путем выдерживания напряжений в определенных пределах, репутация железа и стали, как вязких материалов, была восстановлена.

Другой вид хрупких изломов железа и стали давно уже наблюдался при ударных нагрузках; природа его оказалась гораздо сложнее, а условия появления — менее ясными и менее поддающимися расчету, чем при усталости. Между тем практическая важность явления становится все больше и больше, по мере того как скорости работы машин и механизмов возрастают, условия применения их становятся все более смелыми, а нагрузка приобретает в значительной степени ударный характер (автомобиль, танки).

Вопросам ударной хрупкости и посвящается настоящая работа.

2. ХРУПКОСТЬ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ И АМОРФНЫХ ТЕЛ

Понятие хрупкости в общежитии ассоциируется с представлением об аморфных телах вроде стекла, сургуча и т. п.; мы склонны распространить эти понятия и на случаи хрупкого излома металлов. Между тем в действительности физическая природа явления в обоих случаях далеко не одинакова.

В случае аморфных материалов хрупкость и вязкость тесно связаны с тепловым движением атомов. При каждой данной температуре и каж-

дом данным напряжении (тангенциальном) аморфный материал получает некоторую вполне однозначную скорость пластического деформирования, зависящую от скорости теплового движения и определяемую известным соотношением

$$\tau = \eta \frac{dv}{dz}, \quad (1)$$

где τ — тангенциальное напряжение в плоскости взаимно сдвигающихся слоев, $\frac{dv}{dz}$ — градиент скорости перемещения в направлении, перпендикулярном к этой плоскости, и η — коэффициент внутреннего трения, понижающийся с повышением температуры. Если в процессе деформирования задавать принудительно градиент скорости $\frac{dv}{dz}$, то тем самым определяется сопротивление деформированию, оказываемое материалом в виде тангенциального напряжения τ . Последнее бывает связано линейной зависимостью (форма которой определяется видом напряженного состояния) с нормальным напряжением σ . Следовательно, чем больше скорость деформирования v , тем больше оказывается напряжение σ . При достаточно большой скорости оно достигает предела прочности материала на разрыв σ_T , и если деформация задана сразу с этой максимальной скоростью, немедленно происходит разрушение. Если, наоборот, задается напряженное состояние, то уравнением (1) определяется скорость деформирования, разрушение же происходит при простом выходе нормального растягивающего напряжения в любой точке за предел σ_T . Это теоретически ясное положение недавно прекрасно подтверждено Фрохтом [1] на опытах с бакелитовыми образцами разной формы, напряжения в которых определялись оптическим методом.

Вследствие уменьшения η с повышением температуры падает τ , отвечающее той же скорости v , а потому материал при нагревании легче деформируется, т. е. становится более пластичным.

Если объект нагружен напряжением, меньшим вышеуказанного предельного, то он деформируется не разрушаясь; теоретически такая деформация с постоянной, хотя и очень малой скоростью будет происходить всегда, как бы мала ни была приложенная нагрузка; аморфные материалы не имеют предела упругости. Повышение скорости до критической величины, независимо от степени полученной материалом деформации, сейчас же влечет за собою разрыв.

Во всех этих случаях разрыв получается физически одинаковым: его нельзя назвать хрупким по природе, потому что ему могла предшествовать любая деформация, если скорость деформирования или нормальное напряжение не сразу достигли опасной величины; его нельзя также назвать вязким, потому что он возможен в том же виде, если материал не получил никакой предварительной деформации. Поскольку пластическая деформация не вносит никакого физического изменения в аморфное тело, излом его просто не приходится связывать со свойствами вязкости или хрупкости.¹ Наоборот, у кристаллических тел хрупкий излом физически отличается от вязкого. Это различие лучше всего проследить на монокристаллах, например, железа [2, 3].

В хрупком состоянии (при низких температурах) кристалл рвется без деформации по грани куба (100), в вязком же состоянии (при температурах выше -90 и -100°) дает большую пластическую деформацию сколь-

¹ Было бы чрезвычайно интересно произвести экспериментальную проверку того положения, что величина определяющего прочность критического нормального напряжения не зависит от величины сопутствующего тангенциального напряжения (например, сопоставить изгиб и кручение). Вместе с тем необходимо допустить возможность разрушения и от тангенциальных напряжений (все главные напряжения сжимающие, но разной величины) и подробнее исследовать условия разрушения в этом случае.

жения по граням, проходящим через диагональ куба [111], и рвется с образованием шейки путем скалывания по плоскостям сдвига. Излом поликристаллических железа и стали происходит либо по одному из этих крайних типов, либо путем комбинации обоих типов (полухрупкий излом). Соответственно этому для кристаллических веществ в отличие от аморфных мы должны принять две прочности: хрупкую и вязкую, численно различные при одной и той же температуре и представляющие собою нормальные напряжения при разрыве; самые изломы в зависимости от их вида должны назвать кристаллическим и волокнистым.

Подвергая поликристаллическое тело пластической деформации, мы изменяем его механические свойства, создавая упрочнение (наклеп); если мы теперь будем тем или иным способом подвергать такой наклепанный материал хрупкому разрушению, то увидим, что прочность его изменяется в зависимости от степени наклепа. Таким образом, нам придется говорить здесь еще и о переменной хрупкой прочности, или текущей хрупкой прочности, если рассматривать ее как функцию монотонного (текущего) изменения степени пластической деформации; ее называют также сопротивлением отрыву (*Trennfestigkeit*). В этой зависимости прочности от наклепа заключается второе физическое отличие хрупкости кристаллических тел.

Наконец, можно говорить еще об относительной хрупкости материалов в отличие от чисто физической, или абсолютной, о которой шла речь до сих пор, понимая под первой сравнительную величину энергетической емкости материала (работоспособность) и называя более хрупкими те состояния, при которых разрушение требует меньших затрат энергии. С этой точки зрения аморфные тела совершенно выпадают из рассмотрения, поскольку для них самое понятие энергетической емкости теряет смысл: их разрушение определяется не количеством энергии, а только величиной приложенного напряжения (при данной скорости и температуре); если напряжение меньше предельного, аморфное тело может безнаказанно пропустить через себя в виде работы деформации любое, теоретически бесконечное количество энергии; если же напряжение выше предельного, количество переработанной энергии обращается в нуль.

Для металлического же образца энергетическая емкость обычно бывает сложной функцией от температуры, имеющей далеко не монотонный характер, а обладающей максимумами и минимумами; области минимума отвечают состояниям относительной хрупкости в указанном выше сравнительном смысле и представляют наибольший интерес для практики.

Ради простоты изложения мы не касались здесь различных побочных обстоятельств, нарушающих чистоту описанных процессов (влияние на прочность местных дефектов, упругое последствие и релаксация, гистерезис упругости и др.). Принципиальных изменений в приведенное рассуждение они не вносят; о некоторых из них будет подробно сказано в дальнейшем.

3. РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ УДАРНОЙ ХРУПКОСТИ МЕТАЛЛОВ

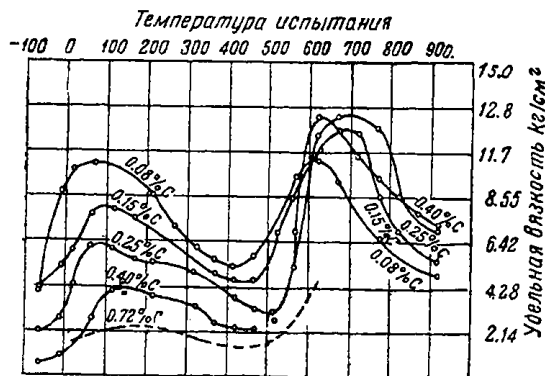
Из металлов, подверженных при некоторых температурах сильно выраженной хрупкости, наибольшее техническое значение имеет углеродистая сталь. Рассмотрим кривые изменения с температурой ударной вязкости надрезанных образцов при ударном испытании на маятниковом копре, полученные Рейнхольдом [4] (фиг. 1).¹ Мы видим на всех диаграммах два резко выраженных минимума: один при температуре ниже нуля (где кривые обрываются), другой около 450—500°. Третий минимум появляется при рассмотрении более высоких температур в области 900—1000°, как

¹ В книге автора «Динамические испытания металлов» (1936 г., стр. 237) эта диаграмма напечатана с ошибочной сеткой.

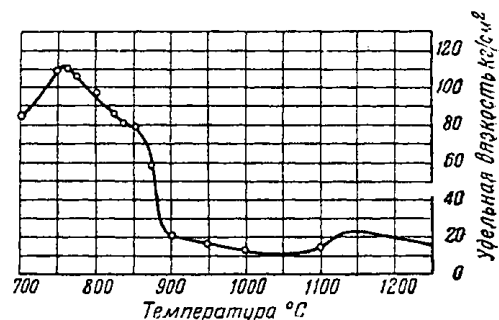
это видно из диаграммы фиг. 2 [5]. Эти три минимума отвечают трем видам хрупкости железа и стали: хладноломкости, синеломкости и краснеломкости. Природа и условия проявления их глубоко различны. Главнейшие характеристики их следующие.

1) **Х л а д н о л о м к о с т ь**. Хладноломкость есть проявление истинной физической хрупкости железа, обусловленной особым кристаллографическим характером разрушения и поэтому часто придающей поверхности излома особый кристаллический блеск. Механизм излома представляет собою процесс преждевременного, до истощения нормальной пластичности, разрыва под действием нормальных напряжений, выходящих за предел хрупкой прочности. В случае объемного одноосного напряженного состояния пластическая деформация тормозится, и требующееся для нее наибольшее главное напряжение повышается, достигая уровня хрупкой прочности раньше, чем при линейном напряженном состоянии; это влечет за собою перемещение минимума на диаграмме вязкостей в сторону высоких температур. Поэтому хладноломкость оказывается весьма чувствительной ко всякого рода надрезам и вообще резким изменениям формы изделия.

Изменить соотношение между нормальными напряжениями, определяющими хрупкую прочность, и тангенциальными, ответственными за пластическую деформацию, можно и другим путем, а именно, измене-



Фиг. 1



Фиг. 2

нием вида напряженного состояния, например, путем применения кручения. Такое изменение условий работы должно также повлечь за собою перемещение критической температуры хрупкости.

Увеличение скорости удара также должно повышать температуру появления хладноломкости, увеличивая, как известно, сопротивление пластическому деформированию (хотя и по другому закону, чем для аморфных тел) и не отражаясь на сопротивлении хрупкому разрыву. Переход от динамического испытания к статическому снижает критическую температуру на несколько десятков градусов, но ни в какой степени не ликвидирует самого появления хрупкости.

Таким образом, хладноломкость характеризуется: а) кристаллическим блеском поверхности излома (не всегда), б) большой чувствительностью критической температуры к надрезам и вообще к изменению соотношений между нормальными и тангенциальными напряжениями, в) чувствительностью критической температуры к скорости нагружения (значительно меньшей, чем по пункту «б»).

2) **С и н е л о м к о с т ь**. Можно считать в настоящее время твердо установленным, что синеломкость по физической природе тождественна со старением после наклепа и подобно всякому старению обусловлена началом выпадения из твердого раствора какого-нибудь компонента в сильно дисперсном состоянии, выпадения, происходящего настолько инертно, что для его стимулирования необходима предварительная пла-

стическая деформация. Этим компонентом, на основании опытов Пфейля [6] и Эйлендера и Эртеля [7], следует с наибольшим вероятием признать кислород.

Механически старение проявляется в увеличении сопротивления деформированию (предел прочности) и уменьшении способности к деформированию (удлинение); при этом второе изменение в процентном отношении оказывается значительно интенсивнее первого, а потому работоспособность металла, зависящая от произведения этих величин, проходит через минимум. Однако кристаллографический характер разрушения при этом не меняется: попрежнему оно определяется истощением способности к пластической деформации и представляет собою скалывание по плоскостям скольжения, а не разрыв по новым плоскостям. Вид поверхности излома остается волокнистым.

Влияние надразов на температуру синеломкости при ударе, повидимому, не изучалось, так как ударные испытания производятся обычно только с надрезанными образцами. Однако следует ожидать, что здесь это влияние в смысле перемещения температуры хрупкости должно отсутствовать или во всяком случае быть выражено гораздо слабее. В самом деле, в случае хладноломкости объемное напряженное состояние повышает сопротивление деформированию, не повышая хрупкой прочности; в случае же синеломкости повышение сопротивления деформированию сопровождается и повышением сопротивления разрыву.

Наоборот, влияние скорости нагружения становится здесь особенно чувствительным, так как процесс старения, как всякий диффузионный процесс, протекает при данной температуре с вполне определенной скоростью и, следовательно, требует для своего осуществления определенного времени. Повышение скорости деформирования влечет за собой повышение температуры синеломкости, необходимое для осуществления старения во время испытания. Статическое испытание железа дает для синеломкости температуру в $250-300^{\circ}$, тогда как при ударном испытании надрезанных образцов минимум вязкости наблюдается при $450-500^{\circ}$.

Таким образом, влияние скорости нагружения на температуру синеломкости резко отличается от такого же влияния при хладноломкости и, в противоположность последнему, не связано с влиянием объемного напряженного состояния. Если это состояние вызвано концентрацией напряжений в надрезах, оно может влиять на температуру хрупкости лишь косвенно, увеличивая при одной и той же общей скорости деформации образца скорость роста местной деформации в основании надреза. Такое смещение температуры синеломкости наблюдал Л. Гликман [8] при статических испытаниях надрезанных стальных образцов на растяжение при высоких температурах; определяя эту температуру по местонахождению максимума на кривой временных сопротивлений, Гликман установил ее повышение против гладких образцов кругло в 100° , тогда как удар повышает ее против статического испытания на $200-250^{\circ}$. При проявлении хладноломкости мы имеем, наоборот, сильное влияние надреза (порядка $130-150$) и слабое влияние скорости (порядка $20-30^{\circ}$). Хорошее раскисление стали уменьшает степень падения вязкости при температуре синеломкости (сталь 12 Крушпа); однако полное избавление от нее, как показали Эйлендер и Эртель [7], невозможно.

Итак, синеломкость характеризуется следующими признаками: а) отсутствием кристаллического блеска поверхности излома, б) большой чувствительностью температуры синеломкости к скорости испытания и в) повидимому, небольшой чувствительностью ее к надразам.

3) К р а с н о л о м к о с т ь. Третий минимум на диаграмме вязкости подробно изучен Ниденталем [5]. Он оказывается свойством только загрязненного серой и кислородом металла и отсутствует в нормальных условиях. Физическая причина его до сих пор достаточно ясно не установлена; его приходится приписать присутствию в металле содержа-

щего серу компонента в форме либо твердого раствора, либо эвтектики; влияние кислорода следует отнести на долю межкристаллических прослоек из окислов железа.

Во всех случаях переход от ненадрезанного образца к надрезанному не дает никаких смещений температуры минимальной вязкости и почти не отражается на величине работы деформации, как это показал Ниденталь; последнее легко объясняется малой величиной коэффициента упрочнения при высоких температурах, благодаря чему зона деформации при изгибе и без надреза получается чрезвычайно ограниченной, мало отличающейся от случая надрезанного образца.

Влияние скорости нагружения на температуру краснеломкости, сколько нам известно, не изучалось; но следует думать, что оно должно полностью отсутствовать, поскольку хрупкость является здесь свойством самого структурного состава металла и не связана с какими-либо процессами в течение деформации, требующими времени.

Мы здесь не будем говорить о других видах хрупкости металла, проявляющихся в особых условиях независимо от температуры: о коррозионной хрупкости, о хрупких поломках от усталости и т. п. Рассмотрение этих случаев завело бы нас слишком далеко.

4. ХЛАДНОЛОМКОСТЬ И ЕЕ ИЗУЧЕНИЕ

Из всех описанных выше случаев хрупкости наибольший практический интерес представляет хладноломкость металла по следующим причинам:

а) она проявляется при температурах, наиболее близких к обычным условиям службы металла;

б) она проявляется особенно легко при ударах, все чаще наблюдаемых в технике;

в) отвечающий ей минимум вязкости — наименьший из всех описанных в § 3 и потому наиболее опасный;

г) она исключительно чувствительна к надрезам и другим резким изменениям формы, что особенно важно для конструктора;

д) ее появление объясняется гораздо более сложными законами, чем тепловая хрупкость обоих видов, причем эти законы еще слабо изучены;

е) высокая хладноломкость свидетельствует, по всей вероятности, о низком значении «хрупкой прочности» металлов, проявляющемся не только при ударе или при низкой температуре, но в громадном большинстве случаев при образовании в металлах трещин и хрупких поломок вообще.

Особенное значение опасность хладноломкости приобретает при ударах. Можно сказать, что вся проблема удара в металловедении есть проблема хладноломкости. Действительно, опасное действие удара начинается лишь тогда, когда появляется хладноломкость. Известно, что в области вязкого состояния сопротивление металла разрушению, измеряемое удельной работой деформации, при переходе от статических скоростей к ударным увеличивается и притом на несколько десятков процентов; с увеличением скорости удара это возрастание вязкости становится еще больше; следовательно, удар в отсутствие хладноломкости не только не ухудшает, а даже улучшает реакцию металла на внешние усилия. Только для тех металлов, которые обладают свойством хладноломкости, при неблагоприятных условиях металл переходит в хрупкое состояние, и появляется опасность внезапного излома.

Проблема хладноломкости еще далеко не изучена и представляет собою скорее ряд вопросов, чем готовых ответов на них. Можно считать, что и самые вопросы еще не поставлены достаточно отчетливо. Экспериментальная работа по удару производится в случайном порядке без хорошо продуманного плана, и потому не приводит к определенным систе-

матическим результатам. Настоящая работа предпринята автором с тою целью, чтобы возможно полно очертить весь объем проблемы хладноломкости и сформулировать те вопросы, на которые до сих пор не имеется исчерпывающего ответа.

Разрешить проблему хладноломкости в такой мере, чтобы это решение могло быть использовано на практике и преимущественно при проектировании машин, значит:

а) объяснить физическую природу хрупкости как статической, так и динамической;

б) установить наиболее рациональные приемы испытания на удар;

в) выработать специфические методы расчета на ударную хрупкость путем введения нового понятия «запас вязкости», аналогичного запасу прочности при обычных расчетах;

г) разработать приемы расчетного определения запаса вязкости для деталей любых размеров и форм;

д) установить наиболее рациональную обработку поверхности работающих на удар деталей;

е) указать влияние на хладноломкость термической и механической обработок;

ж) указать влияние на хладноломкость состава стали.

Глава II

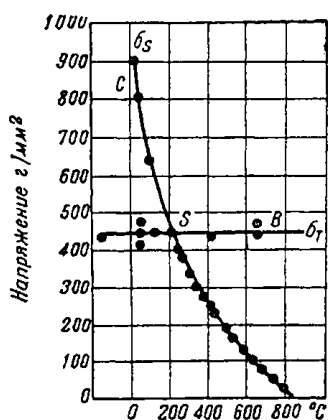
ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ХРУПКОСТИ

5. ТРИ ОСНОВНЫЕ ГИПОТЕЗЫ

Несмотря на обилие опытов, посвященных вопросам хрупкости, мы до сих пор не можем сделать окончательного выбора между тремя гипотезами, которые предлагаются для ее объяснения. Эти гипотезы возникли в результате изучения хрупкого состояния кристаллов и притом преимущественно обладающих ионными решетками, т. е. такими, у которых межуатомные связи обусловлены кулоновскими силами притяжения противоположно заряженных ионов. Больше всего опытов проведено с каменной солью, как веществом, все физические свойства которого изучены особенно подробно. Распространение полученных выводов на электронные решетки, свойственные металлам, не может быть сделано автоматически и требует специальных опытов; однако весьма вероятно, что многие механические явления для обоих классов вещества имеют общую физическую природу. Не забудем также, что все изложенное в дальнейшем не относится к хрупкому излому аморфных тел, подчиняющихся другим законам.

1) Гипотеза А. Ф. Иоффе [9]

Эта гипотеза ставит хрупкость кристалла в зависимость от соотношения двух взаимных свойств кристалла: хрупкой прочности σ_T и предела текучести σ_s . Критическая температура хрупкости на графике «напряжение — температура» (фиг. 3) определяется точкой пересечения кривых, изображающих зависимость этих двух величин σ_T и σ_s от температуры. Из них хрупкая прочность практически не зависит от температуры. Она получается значительно ниже (в несколько сот раз), чем вычисляемая для ионных кристаллов по электрической теории строения твердого тела; это расхождение опыта с теорией А. Ф. Иоффе объясняет при помощи гипотезы Гриффита о влиянии сверхмикроскопических поверхностных дефектов, вызывающих концентрацию напряжений и понижающих среднюю прочность на разрыв. Доказательство этого А. Ф. Иоффе видит в своих известных опытах с растворением поверхностного слоя в воде,



Фиг. 3

которое, обезвреживая дефекты в момент их зарождения путем по всей вероятности смятения, острых контуров, поднимает хрупкую прочность выше предела текучести (при комнатной температуре) и этим переводит соль из хрупкого состояния в вязкое. При этом доказано, что опасными