

напряжение достигает величины предела упругости, начинаются скольжения в некоторых наиболее неблагоприятно расположенных микрокристаллах.

При устранении внешних сил форма образца восстанавливается не полностью, так как этому препятствует пластическая деформация микрокристаллов, в которых произошло скольжение. Поэтому в образце останутся некоторые внутренние напряжения: те упруго деформированные микрокристаллы, которые соприкасаются с кристаллами, испытывавшими пластическую деформацию, останутся несколько растянутыми. При повторной нагрузке течение образца наступит при большем напряжении, нежели при первоначальной нагрузке (рис. 81, точка *F*), так как теперь скольжение начнется у тех кристаллов, которые при первоначальном растяжении до напряжения, уже превосходившего предел упругости (рис. 81, точка *D*), испытывали только упругие деформации. Этим объясняют явление наклепа.

### § 45. Пластичность

Идеальная пластичность (т. е. полная податливость к изменению формы, текучесть) свойственна жидкостям, но, кроме обычных жидкостей, существует большое число пластичных тел, которые обладают текучестью при тех или иных условиях. Обычные вязкие жидкости обнаруживают течение (что можно рассматривать как необратимые деформации сдвига) при самых малых напряжениях. Упругим твердым телам свойственны при малых напряжениях обратимые упругие деформации. Пластичные же материалы, такие, как глины, краски, вазелин и т. п., при малых напряжениях испытывают лишь упругие обратимые деформации, но текут под действием больших сил, превосходящих «предел текучести». Таким образом, пластичные тела сохраняют свою форму под действием малых сил (например, силы тяжести), но легко деформируются и принимают любую форму при больших усилиях.

Вообще говоря, все твердые тела в той или иной степени пластичны, т. е. текут в определенных условиях. Как уже было пояснено в предыдущих параграфах, лучшие сорта стали обнаруживают необратимые, остаточные деформации при больших напряжениях, действующих длительное время. Пластическое течение обнаруживают также и горные породы в земной коре. В горах бывают хорошо видны изгибы пластов осадочных горных пород, которые вначале были горизонтальны, а затем под действием тектонических <sup>1)</sup> сил медленно текли в течение многих тысячелетий и в результате образовали причудливые складки.

Для изучения атомной природы пластической деформации монокристаллов (на примере каменной соли) А. Ф. Иоффе (1918 г.)

<sup>1)</sup> Тектоническими явлениями называются явления, происходящие при смещениях земной коры: землетрясения, сдвиги, складкообразование.

впервые применил рентгеновы лучи, наблюдая на флуоресцирующем экране те изменения, которые претерпевает рентгенограмма при выходе за предел текучести. Он установил, что механизм пластической деформации заключается в сдвигах отдельных участков кристалла, сопровождаемых рядом вращений (поворотов). Эти опыты положили начало целому направлению в физике кристаллов (рентгенографический анализ пластической деформации).

Одной из особенностей, типичных для деформации кристаллов в отличие от деформации аморфных тел, является *прерывистость процесса*, впервые подмеченная А. Ф. Иоффе в сотрудничестве с голландским физиком П. Эренфестом и подробно изученная М. Классен-Неклюдовой (1927—1928 гг.). Испытанию подвергались образцы из каменной соли, алюминия и латуни при высоких температурах. Оказалось, что деформация идет при этом скачками, повторяющимися через поразительно равные промежутки времени и сопровождающимися легким звуком наподобие тикания часов. Величина такого элементарного сдвига бывает порядка одного или нескольких микронов. С увеличением нагрузки скачки учащаются, так же как и с повышением температуры.

Н. Давиденковым (1935 г.) было поставлено исследование, при котором образец из монокристалла цинка непрерывно деформировался с постоянной скоростью, не превышающей 1 мм в месяц, при длине образца в 25 мм (по аналогии с «ползучестью» металлов при высокой температуре). Оказалось, что, несмотря на такие малые скорости, деформация по-прежнему происходила резко выраженными скачками, повторявшимися через очень большие промежутки времени и достигавшими значительной величины (порядка 0,014 мм).

Таким образом, прерывистость оказалась действительно неотъемлемой особенностью деформации кристаллов — по крайней мере в области температур «ползучести».

Пластичность поликристаллических твердых тел, в особенности пластичность металлов, с особой обстоятельностью была изучена в последние десятилетия проф. В. Д. Кузнецовым и М. А. Большаниной. В. Д. Кузнецов дал фундаментальный (много томный) и самый тщательный в мировой литературе обзор всех важнейших исследований в области физики твердых тел.

В связи с многочисленными запросами различных отраслей промышленности, имеющих дело с такими материалами, как краски, керамика, смазки, каучук, целлюлоза, битумы, клеи и т. д., в последнее время образовалась новая отрасль науки — *реология*<sup>1)</sup>. Реология изучает вопросы текучести вещества. Она представляет собой часть физической механики и является дисциплиной, смежной с гидромеханикой и теорией упругости.

---

<sup>1)</sup> От греческого  *rheos — поток*.

В реологии стремятся составить такую систему уравнений, связывающих напряжение, деформации и скорости деформаций, которая была бы применима при рассмотрении течения всех реальных веществ, когда течение вызвано любым способом — растяжением, сжатием, кручением, изгибом и т. д. Такая общая задача еще не разрешена и разработаны лишь отдельные частные случаи.

### § 46. Прочность и твердость

Прочность тел можно характеризовать двумя величинами: *сопротивлением скольжению* и *сопротивлением отрыву* частиц. Если сопротивление скольжению составляет больше половины <sup>1)</sup> сопротивления отрыву частиц, то материал хрупок: разрушение его происходит без пластических деформаций. Если же сопротивление скольжению меньше, чем половина сопротивления отрыву частиц, то сначала начнется скольжение по плоскостям, наклонным под углом в  $45^\circ$  к растягивающим усилиям, и разрушению будет предшествовать пластическая деформация.

*Сопротивление скольжению* сходно с вязкостью жидкостей; оно, как и вязкость, *возрастает при понижении температуры* и при увеличении скорости деформации. Напротив, *сопротивление отрыву* мало зависит от температуры и от скорости деформации. Поэтому, если у какого-либо тела при нормальной температуре сопротивление скольжению превышает половину величины сопротивления отрыву частиц и поэтому тело хрупко, то при повышении температуры сопротивление скольжению уменьшится и тело сделается пластичным. Наоборот, всякое пластичное тело при достаточном понижении температуры становится хрупким (рис. 82), так как сопротивление скольжению, возрастая при понижении температуры, в конце концов превысит половину сопротивления отрыву. Свинец, пластичный при комнатной температуре, становится хрупким при температуре жидкого воздуха.

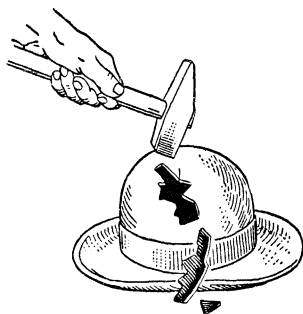


Рис. 82. Мягкая фетровая шляпа, опущенная в жидкий воздух, становится ломкой.

<sup>1)</sup> Когда мы растягиваем материал, то в плоскостях, ориентированных под углом в  $45^\circ$  к направлению растягивающего усилия, создаются напряжения, стремящиеся произвести сдвиг материала, величина этих напряжений (касательных сил в слое, действующих на единицу площади) в два раза меньше растягивающего напряжения. Действительно в плоскости под углом в  $45^\circ$  к направлению растягивающего усилия действует сила в  $\cos 45^\circ \left( = \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$  раз меньше, а площадь слоев, по которой она распределена, здесь в  $\sqrt{2}$  раз больше.