

КРИСТАЛІЗАЦІЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Кристаллизация – это процесс образования участков кристаллической решетки в жидкой фазе и рост кристаллов из образовавшихся центров.

Кристаллизация протекает в условиях, когда система переходит к термодинамически более устойчивому состоянию с минимумом свободной энергии.

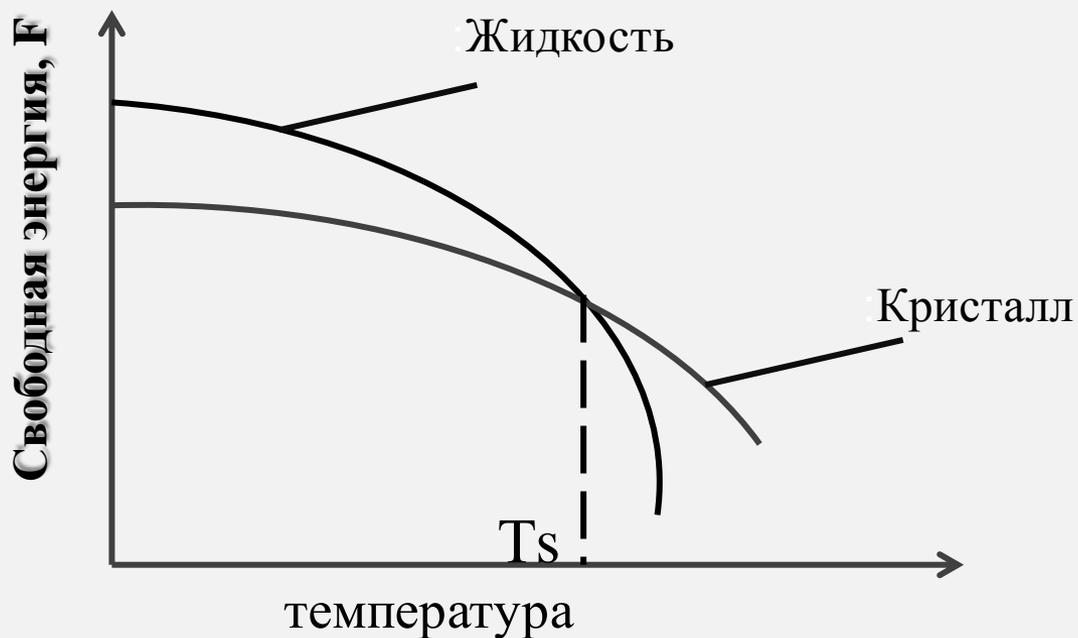


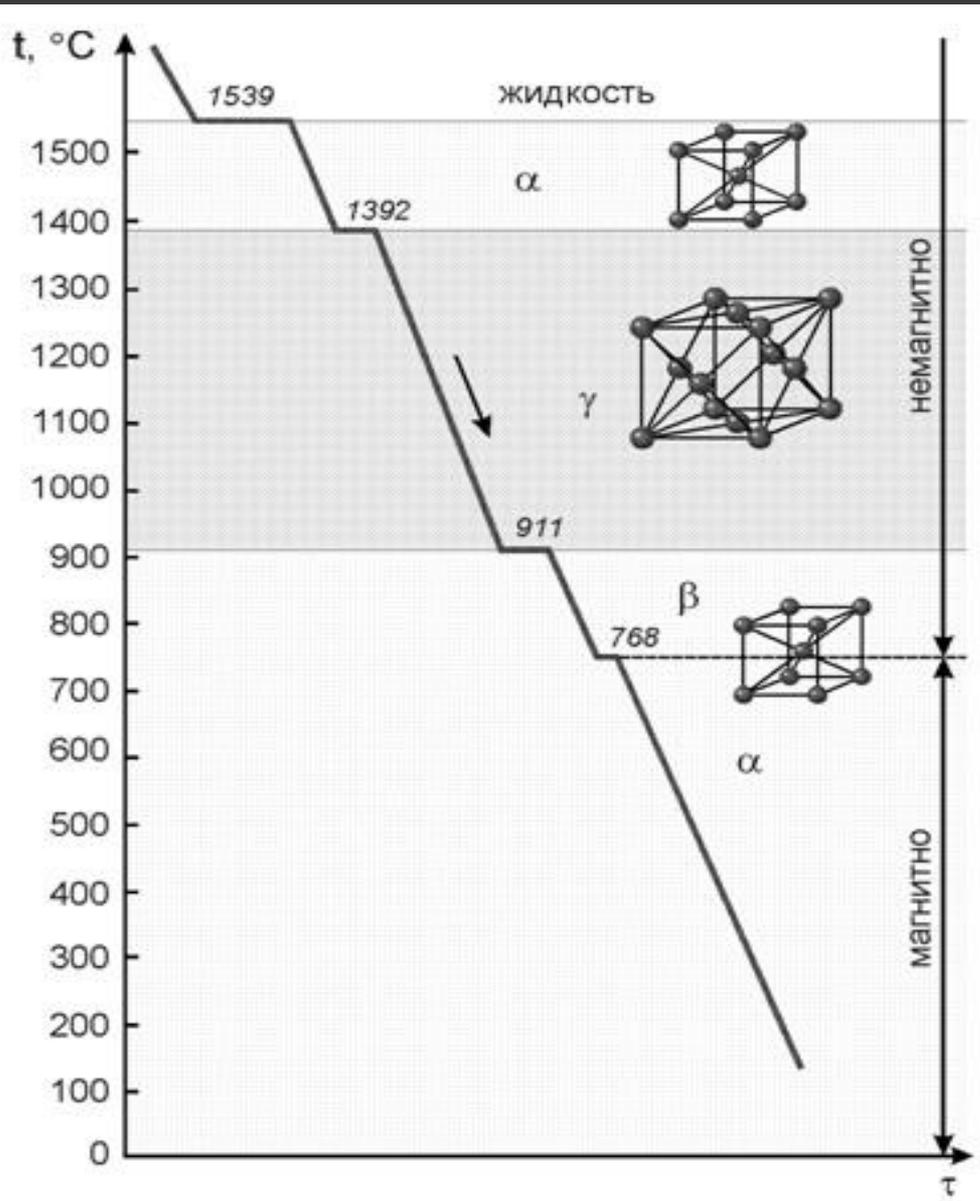
Рисунок 1. Изменение свободной энергии в зависимости от температуры

В соответствии с этой схемой выше температуры T_S вещество должно находиться в жидком состоянии, а ниже T_S – в твердом.

При температуре равной T_S *жидкая и твердая фаза обладают одинаковой энергией*, металл в обоих состояниях находится в равновесии, поэтому две фазы могут существовать одновременно бесконечно долго.

Температура T_S – равновесная или теоретическая температура кристаллизации.

Для начала процесса кристаллизации необходимо, чтобы процесс сопровождался уменьшением свободной энергии системы (T жидкости ниже температуры T_S).



Аллотропические превращения сопровождаются выделением или поглощением теплоты. Железо имеет четыре аллотропические формы: α -Fe; β -Fe, γ -Fe, δ -Fe. Практическое значение имеют α -Fe и γ -Fe, так как β -Fe и δ -Fe отличаются от α -Fe только величиной межатомного расстояния, а для β -Fe характерно отсутствие магнитных свойств.

Рисунок 2. Кривая охлаждения чистого железа

Процесс кристаллизации заключается в росте кристаллов путем отложения новых кристаллических групп вокруг возникших зародышей. Рост кристаллических образований происходит в определенных направлениях. Вначале образуются главные оси кристалла путем роста в трех взаимно перпендикулярных направлениях, а затем от каждой из этих осей образуются новые и возникает не полностью заверченный кристалл, называемый дендритом. В дальнейшем все промежутки между осями дендрита заполняются упорядоченно расположенными атомами.

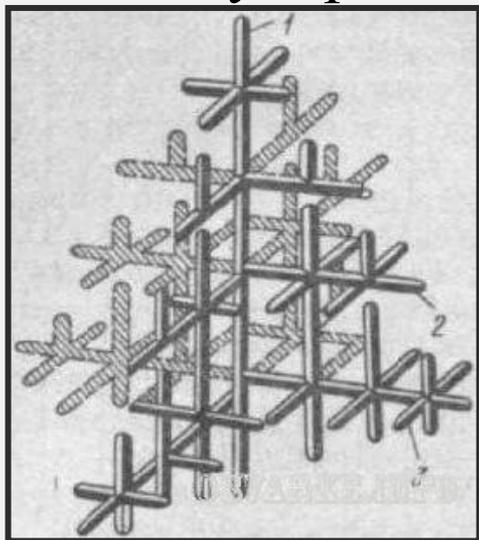
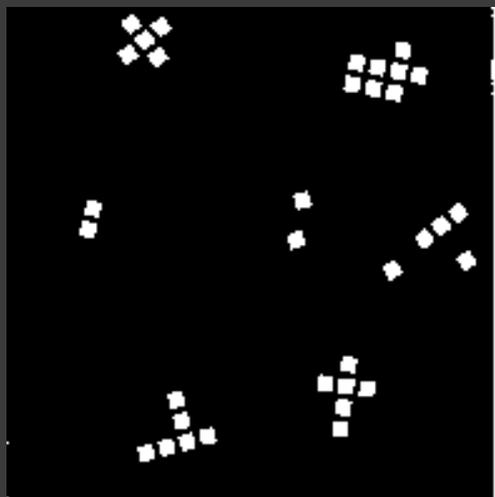
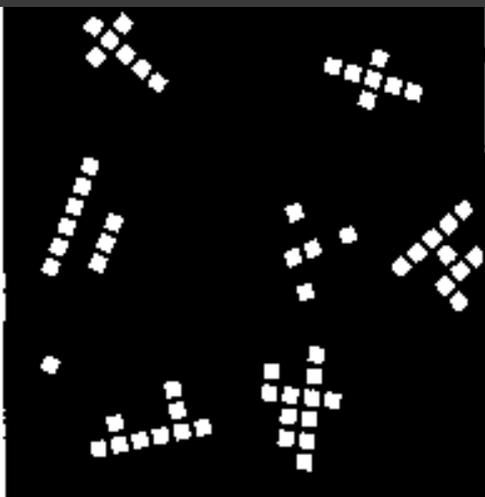


Рисунок 3. Схема образования дендритов

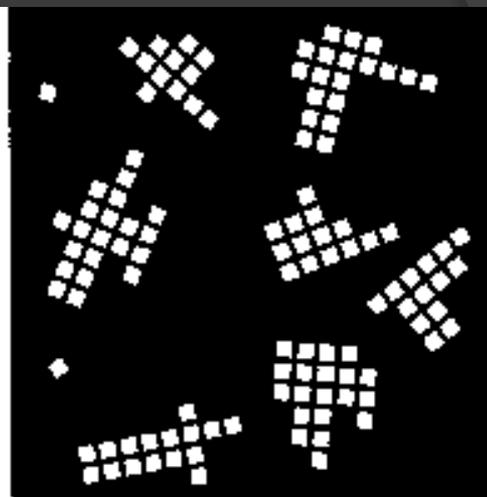
СХЕМА ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ



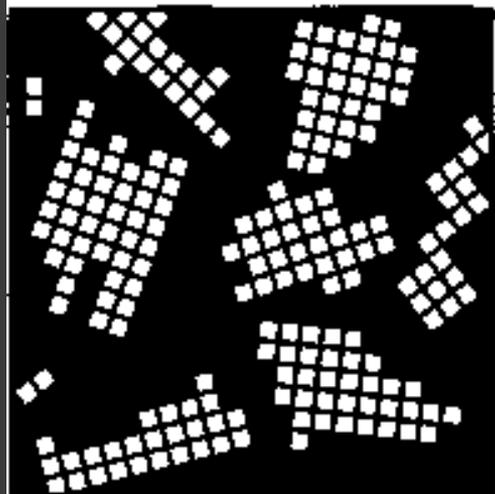
a



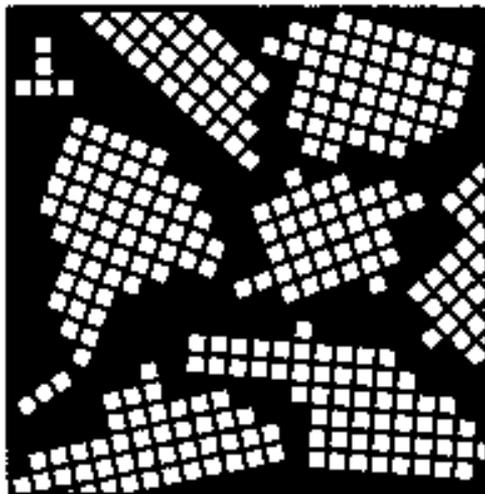
б



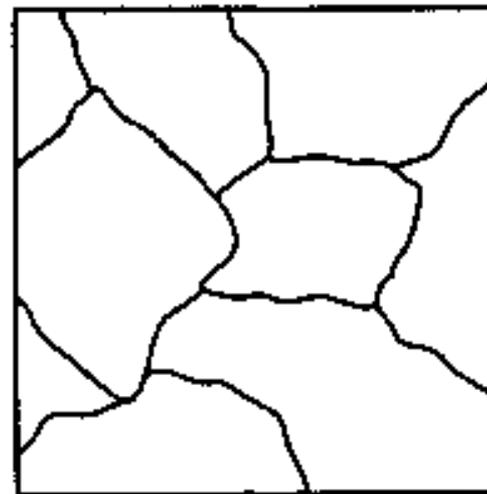
в



г



д



е

Центры кристаллизации образуются в исходной фазе независимо друг от друга в случайных местах. Сначала кристаллы имеют правильную форму, но по мере столкновения и срастания с другими кристаллами форма нарушается. Рост продолжается в направлениях, где есть свободный доступ питающей среды. После окончания кристаллизации имеем поликристаллическое тело.

Процесс вначале ускоряется, пока столкновение кристаллов не начинает препятствовать их росту. Объем жидкой фазы, в которой образуются кристаллы уменьшается. После кристаллизации 50 % объема металла, скорость кристаллизации будет замедляться.

В условиях несвободной кристаллизации образующиеся кристаллы получают неправильные очертания и форму и называются кристаллитами или зернами.

Величина зерен оказывает существенное влияние на механические свойства металлов: чем мельче зерна, тем прочнее металл.

Условия получения мелкозернистой структуры

- Максимальное число центров кристаллизации и малая скорость роста кристаллов.
- Размер зерен при кристаллизации зависит и от числа частичек нерастворимых примесей, которые играют роль готовых центров кристаллизации — оксиды, нитриды, сульфиды.
- Чем больше частичек, тем мельче зерна закристаллизовавшегося металла.

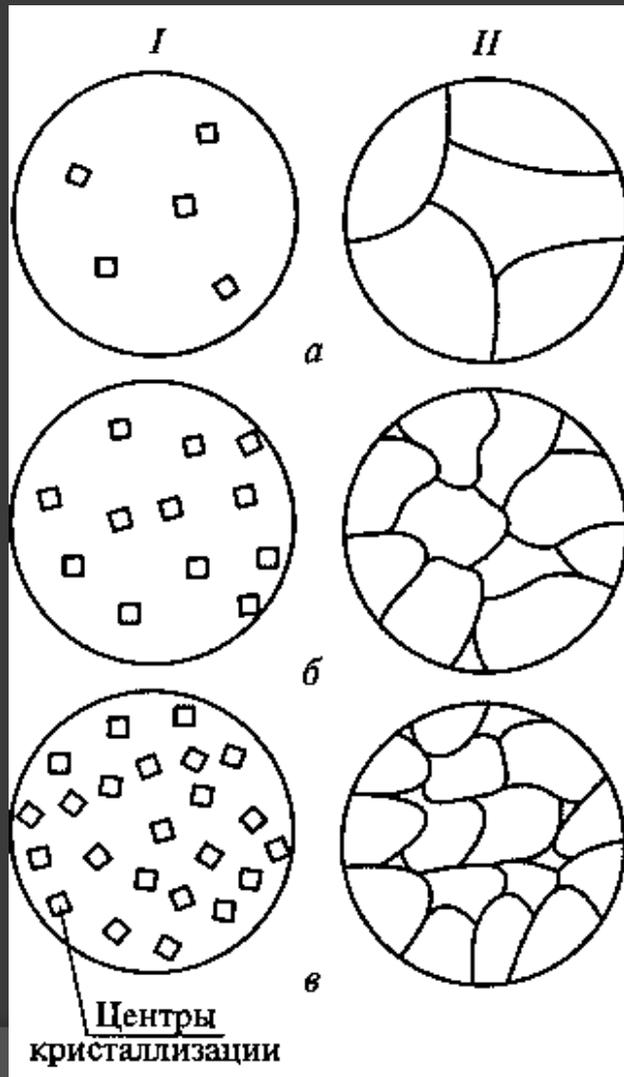
Мелкозернистую структуру можно получить в результате *модифицирования*, когда в жидкие металлы добавляются посторонние вещества — *модификаторы*.

По механизму воздействия различают:

Вещества не растворяющиеся в жидком металле — выступают в качестве дополнительных центров кристаллизации.

Поверхностно - активные вещества, которые растворяются в металле, и, осаждаясь на поверхности растущих кристаллов, препятствуют их росту.

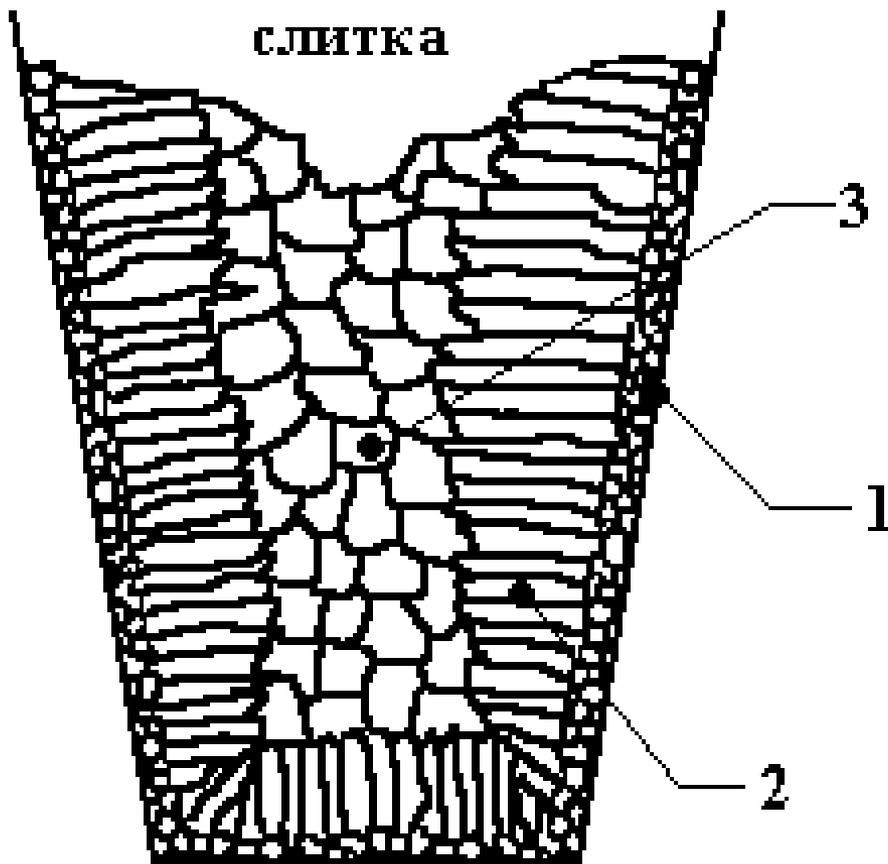
Влияние скорости охлаждения на процесс кристаллизации



а — медленное охлаждение;
б — ускоренное охлаждение;
в — быстрое охлаждение;
I — возникновение центров кристаллизации;
II — изменение величины зерен

Строение металлического слитка

Макроструктура
слитка



*Слиток состоит из
трех зон:*

1. мелкокристаллическая корковая зона;
2. зона столбчатых кристаллов (дендриты);
3. внутренняя зона крупных равноосных кристаллов.

Кристаллизация корковой зоны идет в условиях максимального переохлаждения. Скорость кристаллизации определяется большим числом центров кристаллизации. Образуется мелкозернистая структура. Жидкий металл под корковой зоной находится в условиях меньшего переохлаждения. Число центров ограничено и процесс кристаллизации реализуется за счет их интенсивного роста до большого размера.

Рост кристаллов во второй зоне имеет направленный характер. Они растут перпендикулярно стенкам изложницы, образуются древовидные кристаллы — дендриты. Растут дендриты с направлением, близким к направлению теплоотвода.

Так как теплоотвод от незакристаллизовавшегося металла в середине слитка в разные стороны выравнивается, то в центральной зоне образуются крупные дендриты со случайной ориентацией.

Зоны столбчатых кристаллов в процессе кристаллизации стыкуются, это явление называется *транскристаллизацией*.

Для малопластичных металлов и для сталей это явление нежелательное, так как при последующей прокатке, ковке могут образовываться трещины в зоне стыка.

В верхней части слитка образуется усадочная раковина, которая подлежит отрезке и переплавке, так как металл более рыхлый (около 15...20 % от длины слитка)

СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Свойства принято подразделять на:

- Физические;
- механические;
- химические и технологические.

К физическим свойствам металлов относят:
удельный вес, температуру плавления, цвет, электропроводность, теплопроводность, теплоемкость, расширяемость при нагревании, магнитные свойства и некоторые другие.

Из химических свойств металлов относятся: коррозионная стойкость, окисляемость и растворимость.

К механическим свойствам относятся: прочность, твердость, упругость, пластичность, вязкость и хрупкость.

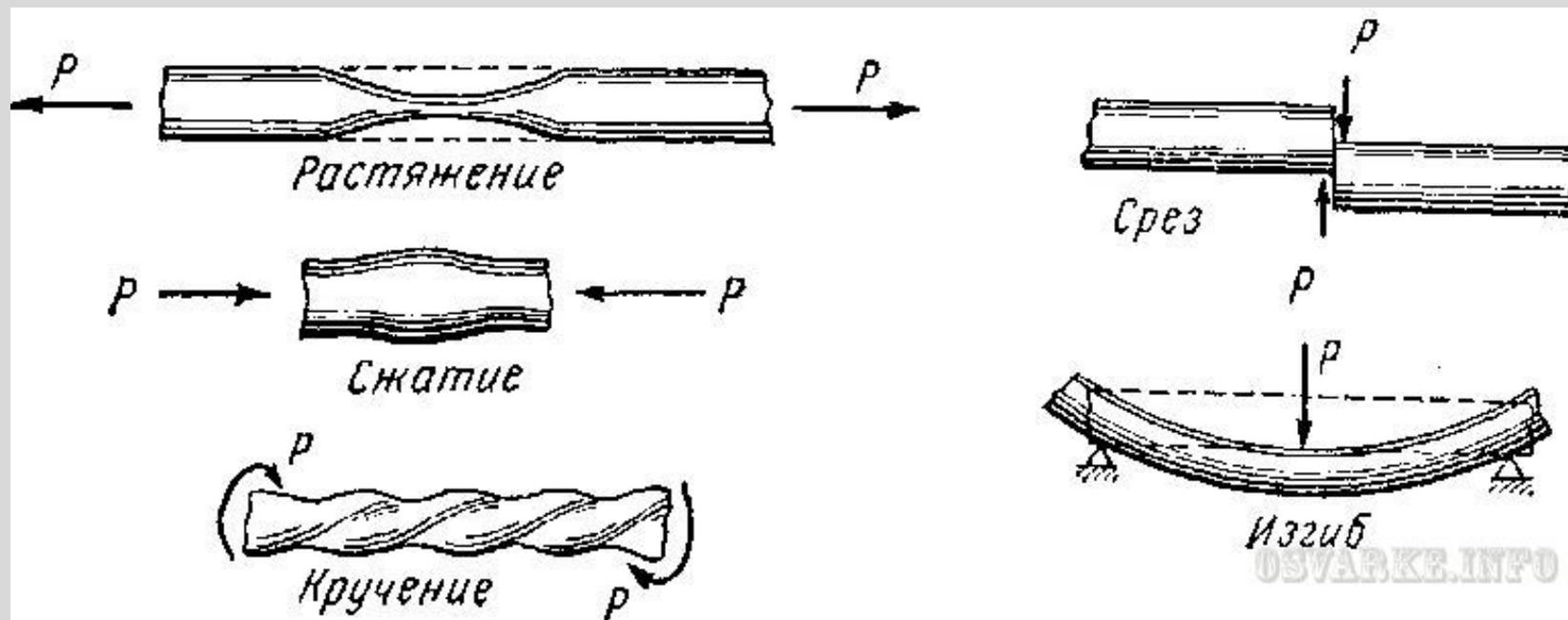


Рисунок 4. Виды нагрузок, вызывающие изменения формы металлов

Прочность - это способность металла или сплава противостоять деформации и разрушению под действием приложенных нагрузок - растягивающих, сжимающих, изгибающих, скручивающих и срезающих.

Нагрузки бывают:

- внешними (вес, давление и др.);
- внутренними (изменение размеров тела от нагревания и охлаждения, изменение структуры металла и т. д.); статическими (постоянными по величине, направлению действия);
- динамическими (переменными по величине, направлению и продолжительности действия).

Твердостью называется способность металла или сплава оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела.

Упругостью называется способность металла или сплава восстанавливать первоначальную форму после прекращения действия внешней нагрузки.

Пластичностью называется способность металла или сплава, не разрушаясь, изменять форму под действием нагрузки и сохранять эту форму после ее снятия.

Ударной вязкостью называется способность металла или сплава сопротивляться действию ударных нагрузок.

Ползучестью называется свойство металла или сплава медленно и непрерывно пластически деформироваться под действием постоянной нагрузки (особенно при повышенных температурах).

Усталостью называется постепенное разрушение металла или сплава при большом числе повторно-переменных нагрузок; свойство выдерживать эти нагрузки называется выносливостью.

Хрупкость — качество, противоположное вязкости, способность тела легко разрушаться при механических воздействиях (ударах).

Технологические свойства металлов и сплавов представляют собой сочетание различных механических и физических свойств, проявляющихся в процессах изготовления деталей машин.

Для определения свойств металлов и сплавов пользуются:

механическими испытаниями, которыми устанавливают их прочность, твердость, упругость, пластичность, вязкость и хрупкость;

➤ физическими измерениями удельного веса, температуры плавления, тепла и электропроводности;

➤ химическим анализом, который определяет качественный и количественный состав сплава;

➤ металлографическим анализом, позволяющим получить данные о структуре и свойствах металла с помощью микроскопа и рентгеновского аппарата;

➤ технологическими пробами, дающими возможность определить пригодность металла для данного вида обработки.