

Способы

▶ закалки

Под способами закалки подразумевают способы охлаждения деталей в закалочном баке и выбор закалочного охлаждения для получения заданной структуры металла. Чем сложнее по форме деталь, тем серьезнее следует подходить к выбору ее охлаждения. Нужно выбирать такой способ закалки, чтобы детали получались с хорошей твердостью, необходимой структурой и без трещин.

Основными способами закалки стали являются: закалка в одном охладителе, в двух средах, струйчатая, с самоотпуском, ступенчатая и изотермическая закалки.

**Закалка в одном охладителе** -наиболее простой и распространенный способ. Деталь, нагретую до температуры закалки, погружают в закалочную жидкость, где она находится до полного охлаждения. Этот способ используют при закалке несложных деталей, изготовленных из углеродистых и легированных сталей. Детали из углеродистых сталей охлаждаются в воде (за исключением деталей диаметром не более 3-5мм); а детали из легированных сталей - в масле. Можно использовать такой способ и при механизированной закалке, когда детали автоматически поступают из агрегата в закалочную жидкость.

Для высокоуглеродистых сталей такой способ закалки неприемлем, так как в процессе закалки создаются большие внутренние напряжения. Высокоуглеродистые стали

закачивают с подстуживанием,

т. е. нагретую деталь перед

охлаждением некоторое время

выдерживают на воздухе. Это

уменьшает внутренние напряжения

в деталях и гарантирует снижение

в них образования трещин.



**Закалка в двух средах, или прерывистая закалка, - это способ, при котором деталь сначала охлаждают в одной закалочной быстроохлаждающей среде - воде, а затем переносят ее в медленноохлаждающую среду - масло. Он применяется при закалке инструмента, изготовленного из высокоуглеродистой стали.**

Недостаток прерывистой закалки заключается в том, что трудно установить время пребывания детали в первой охлаждающей жидкости, так как оно очень незначительно (1 сек. на каждые 5-6 мм диаметра или толщины детали). Излишняя выдержка в воде ведет к увеличению коробления и появлению трещин.

Применение прерывистой закалки требует от термиста высокой квалификации и опыта.

Струйчатая закалка осуществляется охлаждением деталей, нагретых до температуры закалки, струей воды. Такой способ применяют для закалки внутренних поверхностей, высадочных штампов, матриц и другого штампового инструмента, у которого рабочая поверхность должна иметь структуру мартенсита.

При струйчатой закалке паровая рубашка не образуется, что обеспечивает более глубокую прокаливаемость, чем при простой закалке в воде. Скорость охлаждения при этом зависит от температуры, напора воды, диаметра и количества отверстий в брызгале и от угла, образованного струей воды с охлаждаемой поверхностью детали.

**Закалка с самоотпуском** - это способ, заключающийся в том, что детали выдерживают в охлаждающей среде не до полного охлаждения, т. е. в определенный момент охлаждение прекращают, чтобы сохранить в сердцевине детали тепло, необходимое для самоотпуска. Этот момент устанавливается опытным путем, поэтому качество термической обработки будет во многом зависеть от мастерства термиста.

Контроль за температурой отпуска при этом способе закалки осуществляется по цветам побежалости, возникающим на светлой поверхности детали. Появление цветов побежалости при температуре 200-300°С объясняется образованием на поверхности стали тонкой пленки окисла, цвет

которого зависит от его толщины.

Например, за небольшой промежуток времени при 220°С сталь покрывается слоем окисла, толщиной 400-450 ангстрем, который придает поверхности светло-желтый цвет.



Не смотря на то, что в печах нагрева устанавливаются регуляторы температуры нагрева, необходимо знать как определяется температура нагрева стали по цветам каления

Температура нагрева стали по цветам каления

Цвет	Температура	Цвет	Температура
Темно-коричневый	550-600	Светло-красный	850-950
Коричнево-красный	600-650	Оранжевый	950-1050
Темно-красный	650-700	Желтый	1050-1150
Вишневый	700-750	Ярко желтый	1150-1250
Красный	750-850	Белый	1250-1350

Точность определения температуры нагрева по цветам каления составляет  $\pm 15$  °С . При нагреве до низкой температуры 200-300°С. Температуру нагрева определяют по цветам побежалости, они появляются в таком интервале температур которые зависят от толщины окисной пленки. Образованные при этих температуре цвета побежалости проявляются в течение 2-3 минут нагрева, если температура в печи поддерживается постоянно, то толщина окисленной пленки увеличивается и цвета меняются

#### Температура нагрева стали по цветам каления

Цвет	Температура	Цвет	Температура
Светло желтый	220	Фиолетовый	285
Желтый	240	Синий	300
Коричнево-желтый	255	Голубовато-синий	315
Красно-коричневый	270	Серый	330

Закалку с самоотпуском применяют только для закалки ударного инструмента - зубил, бородков, кернов и т.. д., так как у такого инструмента твердость должна равномерно и постепенно понижаться (от рабочей части к хвостовой).



**Ступенчатая закалка** - это такой способ, при котором нагретые детали охлаждаются в медленно охлаждающей закалочной среде (например, расплавленная соль, горячее масло), имеющей температуру для данной стали выше мартенситной точки  $M_n$ . За время короткой выдержки в горячей среде (масле) температура выравнивается, причем это происходит раньше, чем начинается мартенситное превращение. После этого осуществляется окончательное, обычно медленное охлаждение, во время которого деталь закаливается.

Ступенчатая закалка способствует уменьшению внутренних напряжений, происходящих благодаря незначительной скорости охлаждения. В результате уменьшается деформация деталей и почти полностью исключается возможность появления закалочных трещин.

Ступенчатую закалку широко применяют в массовом производстве, особенно при изготовлении инструмента. Она позволяет править и рихтовать детали в горячем состоянии, так как в момент превращения сталь обладает большой пластичностью.

Для ступенчатой закалки целесообразнее всего использовать глубоко прокаливающиеся углеродистые и легированные стали марок 9ХС, ХГ, ХВГ и др.

**Мартенситное превращение**, полиморфное превращение, при котором изменение взаимного расположения составляющих кристалл атомов (или молекул) происходит путём их упорядоченного перемещения, причем относительные смещения соседних атомов малы по сравнению с междоатомным расстоянием. Перестройка кристаллической решётки в микрообластях обычно сводится к деформации её ячейки, и конечная фаза мартенситного превращения может рассматриваться как

**Изотермическая закалка** - это способ, состоящий в нагреве деталей до заданной температуры и охлаждении в изотермической среде до 220-350°С, что несколько превышает температуру начала мартенситного превращения.

Выдержка деталей в закалочной среде при такой закалке должна быть достаточной для полного превращения аустенита в игольчатый троостит. После этого производится охлаждение на воздухе. При изотермической закалке выдержка при температуре ступеньки значительно больше, чем при ступенчатой закалке.

Закалочные среды для изотермической закалки те же, что и для ступенчатой. После изотермической закалки сталь приобретает высокую твердость и более высокую вязкость.

При изотермической закалке необходима достаточно высокая и равномерная скорость охлаждения, что достигается применением ванн с интенсивно перемешивающейся закалочной средой.

Изотермическую закалку используют при термической обработке, когда нужно получить детали с максимальной прочностью, достаточной пластичностью и вязкостью. Наиболее целесообразно применять изотермическую закалку для тех сталей, которые имеют небольшую устойчивость аустенита в области изотермической выдержки.

# Дефекты закалки и меры их устранения

**Трещины** . При закалке трещины возникают в тех случаях, когда внутренние растягивающие напряжения 1 рода превышают сопротивление стали отрыву Трещины образуются ПРИ:

- температурах ниже Точки  $M_n$  (точки мартенситного превращения), чаще после охлаждения
- Склонность к образованию трещин возрастает с увеличением в стали содержания углерода.
- Повышении температуры закалки и увеличения скорости охлаждения в температурном интервале мартенситного превращения.
- Наличие в изделии концентраторов напряжений (резкое изменение сечения изделия или местные вырезки, углубления, выступы и т.д.)
- Трещины - неисправимый дефект. Для предупреждения их образования рекомендуется при конструировании изделий избегать резких выступов, заостренных углов, резких переходов от толстых сечений к тонким и т. д.; проводить закалку с возможно более низких температур; осуществлять медленное охлаждение в мартенситном интервале температур путем закалки в двух средах, ступенчатой закалки или применять изотермическую закалку, отпуск выполнять немедленно после закалки

## Деформация и коробление .

**Деформация**, т. е. изменение размеров и формы изделий, происходит при термической обработке в результате термических и структурных напряжений под действием неоднородных объемных изменений, вызванных неравномерным охлаждением и фазовыми превращениями.

Несимметричную деформацию изделий в практике часто называют **короблением** (поводкой). Оно чаще наблюдается при:

- ▶ неравномерном и чрезмерно высоком нагреве под закалку,
- ▶ неправильном положении детали при погружении в закалочную среду
- ▶ высокой скорости охлаждения в мартенситном интервале температур.

Устранение этих причин значительно уменьшает коробление.

Размеры изделий после закалки даже при отсутствии коробления не совпадают с исходными значениями. Вызываемую этими изменениями деформацию можно уменьшить подбором соответствующего состава стали и условий термической обработки (в частности, применением ступенчатой и изотермической





## Образование мягких пятен

Этот вид брака может быть результатом неравномерного охлаждения, соприкосновения деталей друг с другом в процессе охлаждения, наличия жировых пятен на поверхности изделия и неоднородности структуры (скопления феррита).

Исправляется он повторной закалкой. Неоднородность структуры устраняется предварительной нормализацией.

## Окисление и обезуглероживание

Окисление и обезуглероживание характеризуются образованием окалины (окислов) на поверхности изделий и выгоранием углерода в поверхностных слоях (обезуглероживание) .

Этот вид брака термической обработкой неисправим. Если позволяет припуск на механическую обработку, то окисленный и обезуглероженный слой удаляют

шлифовкой. Для предотвращения этого вида брака нагрев изделий рекомендуется проводить в печах с нейтральной атмосферой либо



Спасибо за внимание!

