

Основные технологические свойства металлов и сплавов

Технологические свойства металлов — это часть общих их физико-химических свойств. Знание этих свойств позволяет более обоснованно проектировать и изготавливать изделия с улучшенными для данного металла (сплава) качественными показателями.

Основные технологические свойства материалов следующие:

- обрабатываемость резанием — свойство металла или сплава обрабатываться резцом или абразивом. Обрабатываемость металла резанием оценивается скоростью затупления резца при точении на заданных режимах резания с обеспечением заданных параметров шероховатости поверхности и выражается в процентах от обрабатываемости стали повышенной обрабатываемости резанием или свинцовистой латуни соответственно для сталей или медных сплавов;
- обрабатываемость давлением в горячем и холодном состоянии оценивают различными технологическими пробами (на осадку, на изгиб, на вытяжку сферической лунки и др.), характеристиками пластичности, твердости и упрочнения материала при температуре обработки;
- свариваемость — способность металлов и сплавов образовывать неразъемные соединения с требуемыми механическими характеристиками. Ее оценивают сравнением свойств сварных соединений со свойствами основного металла или сплава. Свариваемость считается тем выше, чем больше способов сварки может быть применено, шире пределы допускаемых режимов сварки. Для оценки технологической свариваемости определяют структуру, механические свойства и склонность к образованию трещин металла шва в зоне шва;
- литейные свойства определяются совокупностью показателей (температурами плавления, кипения, заливки и кристаллизации, плотностью и жидкотекучестью расплава, литейной усадкой и др.).

Жидкотекучесть — это способность металла заполнить литейную форму. Она зависит от вязкости, поверхностного натяжения и температуры заливки расплава. Чем выше жидкотекучесть расплава, тем легче заполнять сложную литейную форму.

Усадка показывает разницу между линейными размерами модели и отливки. Чем меньше усадка металла, тем меньше его склонность к образованию усадочных раковин.

Пластичность или **деформируемость** — способность металла изменять форму при гибке, ковке, штамповке и прессовании без нарушения целостности материала заготовки. Оптимальные показатели позволяют получить детали без внутренних и внешних дефектов.

Упрочняемость металлов и сплавов определяются способностью материала приобретать более высокую прочность после термической или механической обработки.

1. Термическое упрочнения сталей

Термическая обработка — один из важнейших логических процессов, используемый во всех отраслях машиностроения. Термической обработкой называется тепловая обработка металлов и сплавов, при которой происходит изменение их строения, а следовательно свойств. Механические свойства стали при этом изменяются в очень широких пределах.

Процесс термической обработки состоит из трех переходов, следующих один за другим: нагрева до определенной температуры, выдержки при заданной температуре и охлаждения с различной скоростью от заданной температуры до комнатной температуры. Таким образом, процесс термической обработки зависит прежде всего от температуры и времени. Следовательно, любой процесс термической обработки можно изобразить в виде графика, на котором по оси ординат указывается температура, а по оси абсцисс — время (рис. 1).

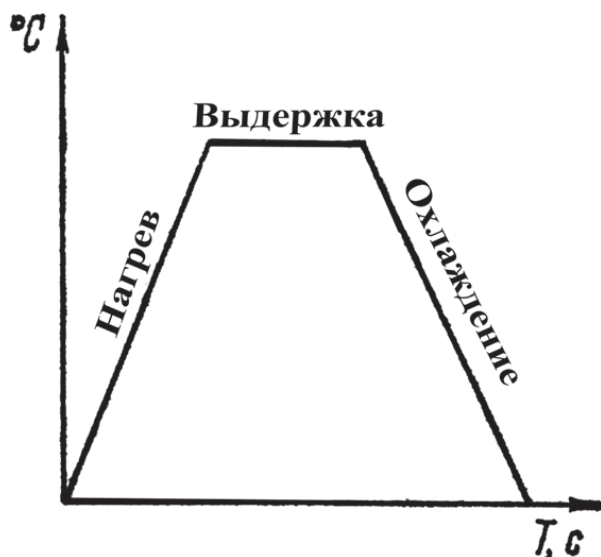


Рис. 1. График термической обработки

Регулируя температуру и время, можно осуществлять следующие виды термической обработки стали: отжиг, нормализацию, закалку и отпуск.

Отжиг — процесс термической обработки, при котором металл сначала нагревают до определенной температуры, выдерживают при этой температуре, а затем медленно охлаждают, чаще всего вместе с печью. В результате отжига в стали образуются равновесные структурные составляющие.

Отжиг чаще всего является предварительной операцией термической обработки, осуществляемой с целью устранения дефектов предыдущих операций (литья,ковки и др.) либо подготовки структуры для последующей обработки резанием или закалки.

Для получения мелкозернистой структуры проводят *полный отжиг*. Отжигу подвергают изделия (чаще всего из конструкционной стали), перегретые при обработке давлением или при термической обработке, а также поковки, прокат, фасонное литье. Этот отжиг производится для снятия вредных внутренних напряжений. При измельчении зерна снижается твердость стали, повышаются ее вязкость и пластичность, снижаются внутренние напряжения, улучшается обрабатываемость. Изделия из такой стали более надежны при эксплуатации.

Такой отжиг не требует высокой температуры. Изделия достаточно нагреть до температуры, при которой проявляются пластические свойства стали, т.е. до $500\text{--}600^\circ\text{C}$, выдержать при этой температуре некоторое время и затем медленно охладить вместе с печью.

Нормализация — один из видов термической обработки. При нормализации стали нагревают до температуры, при которой проявляются пластические свойства стали.

Выдерживают при этой температуре некоторое время и затем охлаждают на спокойном воздухе для получения тонкопластинчатой перлитной структуры. От отжига нормализация отличается более быстрым охлаждением (примерно в два раза быстрее). Кроме того, этот процесс более экономичный, так как охлаждение изделий при нормализации осуществляется вне печи. Однако применять нормализацию вместо отжига не всегда возможно, поскольку у некоторых сталей после нее значительно возрастает твердость (например, у сталей, содержащих свыше 0,4% углерода). Такие стали лучше отжигать, хотя на практике их часто подвергают нормализации, а затем высокому отпуску при 650–700°C для уменьшения твердости.

Нормализацию применяют для получения мелкозернистой структуры в отливках и поковках, устранения наклепа, подготовки стали к закалке. Рекомендуется подвергать нормализации малоуглеродистые стали, так как у них практически отсутствует разница в свойствах после отжига и нормализации. Для некоторых изделий нормализация является не предварительной, а окончательной операцией термической обработки. В этом случае после нормализации изделия должны пройти высокий отпуск для снятия внутренних напряжений, образующихся при охлаждении на воздухе.

Закалка – самый распространенный и в то же время наиболее сложный вид термической обработки, так как она протекает при очень больших скоростях охлаждения, что приводит к образованию значительных внутренних напряжений. При закалке стали нагревают до температуры получения структуры аустенита (выше 800–1000°C), выдерживают некоторое время при этой температуре, а затем быстро охлаждают в воде, масле, растворах солей, кислот, щелочей, на воздухе и в других средах, а также с помощью металлических плит. Процесс охлаждения чаще всего применяется с целью повышения твердости и прочности стальных изделий. Максимальная твердость при этом достигается за счет получения структуры мартенсита. Закаливанию подвергают валы, шестерни, пружины, штампы, зубила, резцы, фрезы и др. Закалка с последующим отпуском позволяет изменять свойства стали в широком диапазоне.

Закаливаемость и прокаливаемость стали — важнейшие характеристики стали, подвергаемой закалке.

Закаливаемость – это способность стали к повышению твердости при закалке. Некоторые стали обладают плохой закаливаемостью (имеют недостаточную твердость после закалки).

Прокаливаемость – глубина проникновения закалки при закалке массивных изделий. Различные слои изделия при закалке охлаждаются неодинаково. Поверхностный слой, который непосредственно соприкасается с закалочной жидкостью, охлаждается с большей скоростью, чем внутренние слои. Наименьшая скорость охлаждения — в центре изделия. Чем выше критическая скорость закалки стали, тем ниже ее прокаливаемость. Углеродистые стали имеют высокую критическую скорость закалки, поэтому у них низкая прокаливаемость. Из углеродистой стали не изготавливают массивные изделия, у которых должны быть высокие механические свойства по всему сечению. Такие изделия обычно выполняют из легированной стали, имеющей более высокую прокаливаемость.

2. Отпуск и старение

Отпуском называется процесс термической обработки, при котором закаленная сталь нагревается ниже температуры отжига, выдерживается при этой температуре и затем охлаждается. В процессе отпуска уменьшаются или устраняются внутренние напряжения,

повышаются вязкость и пластичность стали, снижается ее твердость, улучшается структура.

В зависимости от температуры нагрева различают три вида отпуска:

1. *низкотемпературный* (низкий) отпуск проводят с нагревом до 150–200°C. Этот отпуск снижает внутренние напряжения в стали при сохранении высокой твердости (58–63 HRC). Он применяется преимущественно для инструмента из углеродистых и низколегированных сталей, а также для деталей, подвергаемых поверхностной закалке, цементации и нитроцементации, к которым предъявляются высокие требования по твердости и износостойкости;
2. *среднетемпературный* (средний) отпуск осуществляется при температурах 350–500°C. Целью этого отпуска является получение структуры тростита. Твердость закаленной стали при этом снижается до 40–50 HRC, предел упругости достигает максимальной величины. Среднему отпуску подвергают рессоры и пружины;
3. *высокотемпературный* (высокий) отпуск проводится при температурах 550–680°C. Сталь при этом приобретает структуру сорбита (сорбит отпуска). Твердость закаленной стали снижается до 250–350 НВ, прочность уменьшается в 1,5–2 раза, пластичность и вязкость увеличиваются в несколько раз, внутренние напряжения полностью снимаются. Закалка с высоким отпуском называется улучшением. Улучшенная сталь по сравнению с отожженной или нормализованной имеет более высокие показатели прочности, пластичности и вязкости. Температура отпуска определяется по цветам побежалости.

Старение — изменение свойств стали с течением времени без заметного изменения микроструктуры. В результате старения прочность и твердость повышаются, пластичность и вязкость снижаются. Старение приводит к изменению размеров и короблению изделий. Если старение протекает при комнатной температуре, его называют естественным, если при повышенной температуре — искусственным. Старению подвергают станины станков, плунжеры, калибры, скобы и другие изделия, размеры и геометрическая форма которых не должны изменяться в процессе их эксплуатации.

Известны два вида старения — термическое и деформационное (механическое).

Термическое старение происходит в результате изменения растворимости углерода в железе в зависимости от температуры. *Деформационное старение* протекает в сплаве, подвергнутом пластической деформации при температуре ниже температуры рекристаллизации. Процесс этого старения длится 15 суток и более при комнатной температуре и всего несколько минут при температурах 200–350°C.

Искусственное старение закаленных и отпущенных при низкой температуре изделий производится после предварительной механической обработки при 100–180°C с выдержкой в течение 18–35 ч и медленным охлаждением. *Естественное старение* осуществляется на открытом воздухе под навесом, где на изделия воздействуют температурные изменения, влажность и давление воздуха. Оно длится от 3 месяцев до 2 лет. Естественному старению подвергают станины прецизионных станков, корпусные детали весьма ответственного назначения, рамы роялей и пианино. Его результатом является снижение внутреннего напряжения, стабилизация размеров и геометрической формы изделий.