

Температурные режимы технологического процесса закалки изделий

Светлана Сотник, Антон Степкин

Кафедра КИТАМ, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, УКРАИНА,
Харьков, пр. Науки 14, e-mail: anton.stepkin@gmail.com

Аннотация: рассмотрен процесс закалки и его типы; проведен анализ температурных режимов технологического процесса закалки изделий, в результате, выделены основные параметры процесса закалки и их особенности. Предложена обобщенная классификация основных видов закалки, которая позволит обеспечить стабильность качества металлических изделий, путем учета основных особенностей ключевых факторов закалки.

Ключевые слова: закалка, обработка, металлы, сталь, температура.

I. ВВЕДЕНИЕ

С каждым днем металлургия стремительно расширяет свои границы. Благодаря успешному развитию «парка» металлических материалов есть возможность менять их свойства, изготавливая разнообразные сплавы. Эти материалы обладают широким диапазоном физических и механических свойств, а непрерывное стремление улучшить существующие технологии позволит стать металлические конструкции более долговечными и сократить вес, поэтому, термообработка является неотъемлемым этапом при изготовлении металлических изделий, так позволяет изменять структуру и свойства металлов, сплавов в заданном направлении.

Термическая обработка (ТОБ) – совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твердых сплавов с целью получения заданных свойств за счет изменения внутренней структуры. ТОБ подвергаются сталь, чугун и некоторые сплавы цветных металлов. К ТОБ относятся: отжиг, закалка, нормализация (термическое улучшение), обработка холодом.

В работе будет идти речь о закалке металла, которая происходит при нагреве его выше температуры изменения кристаллической решетки (критическая температура). Для каждого металла и сплава критическая температура отличается. После нагрева металл быстро охлаждают, чаще всего в воде или масле.

Поскольку в процессе закалки металл становится более твердым, но одновременно уменьшается его пластичность и вязкость, особенно, если цикл «нагревание-охлаждение» повторять много раз, то процесс управления процессом закалки изделий является актуальным, а анализ температурных режимов позволит учесть все особенности влияния температуры на качество обработанного изделия, что станет предпосылкой для его повышения.

II. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАКАЛКИ

Закалка металлов бывает двух типов – без полиморфного превращения (цветные металлы) и с полиморфным превращением (стали). Цель закалки – придать стали большую твердость [1].

Закалка без полиморфного превращения или истинная закалка чаще всего применяется для фиксации твердого раствора, пересыщенного частицами второй фазы, при помощи быстрого охлаждения сплава с температуры закалки, что приводит к последующем старению сплава – выделения частиц той самой второй фазы, с целью получения определенного комплекса прочностных свойств.

Определено, что при закалке без полиморфного превращения не всегда происходит упрочнение сплава и повышение пластичности, так как все зависит от химического состава, то есть, при закалке сплавы могут вести себя по разному.

Закалка с полиморфным превращением применяется к любым металлам и сплавам, в которых при охлаждении перестраивается кристаллическая решетка. Такой тип закалки применяется также для получения определенного комплекса прочностных свойств металла.

Определено, что и при закалке с полиморфным превращением не всегда происходит упрочнение сплава и повышение пластичности. Поэтому, чтобы перевести металл в более устойчивое состояние, получить необходимый уровень внутренних напряжений, а соответственно и необходимые механические свойства, применяют дополнительную термообработку, которую называют отжиг.

Так как важным является снижение хрупкости, нормализация вязкости и пластичности, то после закалки с полиморфным превращением используют отпуск, хотя он все равно незначительно уменьшает прочность.

Таким образом, для цветных металлов при закалке без полиморфного превращения применяется так называемое «старение» металла.

При погружении раскаленного изделия в закалочную среду образуется плёнка пара, через которую и происходит относительно медленное остывание (стадия пленочного кипения) [2].

В зависимости от того, какая жидкость используется для закаливания, температура

достигает значения, при котором паровая пленка рвется и жидкость закипает на поверхности металла (процесс пузырькового кипения) и охлаждение значительно ускоряется.

Когда металл уже достаточно охлаждается и жидкость уже не кипит, процесс охлаждения начинается замедляться. Происходит так называемый конвективный теплообмен [2].

После закалки сталь зачастую приобретает неравновесную метастабильную структуру и обладает высокой прочностью, твердостью, износостойкостью и повышенной хрупкостью, но закалка не является окончательным видом термической обработки для достижения требуемого качества изделия.

В ходе проведенного анализа технологического процесса закалки металла предложена обобщенная классификация основных видов закалки (рис. 1).



Рис. 1. Обобщенная классификация основных видов закалки

Таким образом, на процесс закалки влияют следующие факторы:

- тип, а именно, особенности сплава;
- способ нагрева;
- температура нагрева;
- способ охлаждения.

III. АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАКАЛКИ ИЗДЕЛИЙ

При изготовлении некоторых изделий закалке подвергается не весь металл, а только часть его, например, только режущая кромка, как это происходит при закалке режущих инструментов. При этом граница между закаленным и незакаленным металлом видна невооруженным глазом [2].

При закалке всегда возникает перепад температур по сечению изделия [2]. Разная величина термического сжатия наружных и внутренних слоев в период охлаждения обуславливает возникновение термических напряжений.

Закалочные напряжения складываются из термических и структурных напряжений.

В ходе анализа особенностей процесса закалки определено, что увеличение закалочных напряжений приводит к короблению изделия и образованию закалочных трещин.

Суммарные закалочные напряжения растут с увеличением температуры нагрева под закалку и с повышением скорости охлаждения, так как в обоих этих случаях возрастает перепад температур по сечению изделия. Увеличение перепада температур приводит к росту термических и структурных напряжений.

Основными параметрами любой термической обработки являются температура и время [3].

В общем виде опишем температурные режимы процесса закалки выражением (1):

$$T_{hp} = T_{htt} + T_{hdt} + T_{clt}, \quad (1)$$

где T_{htt} – температура нагрева;

T_{hdt} – температура выдержки;

T_{clt} – температура охлаждения (охлаждения в

различных средах: в водном растворе каустической соды или поваренной соли, масле, а также в свинце, селитре, щелочах и т. д.).

Температуру нагрева (T_{htt}) можно представить в виде:

$$T_{htt} = T_{rht} + T_{sth} + T_{tcr}, \quad (2)$$

T_{rht} – необходимая температура нагрева;

T_{sth} – температура поверхности нагреваемой детали;

T_{tcr} – температура в центре детали.

Определено, что наиболее значимым фактором, который влияет на изменение свойств стали при закалке является температура нагрева и от нее зависит то, как будет происходить перестроение атомной решетки материала.

При выборе температуры нагрева изделий сложной формы необходимо учитывать, что на повышения равномерности нагрева (охлаждения) изделий влияют [4]:

- понижение температуры процесса;
- многостадийным нагрев (охлаждение), каждая стадия которого (подогрев, нагрев, подстуживание и др.) осуществляется с выдержкой для выравнивания температуры по сечению изделий;
- подвод при нагреве к различным по массе и размерам участкам (отводом при охлаждении) неодинакового количества теплоты, для чего около различных участков поддерживают неодинаковую температуру.

Изделия сложной формы с наличием тонких стенок, обладающие в нагретом состоянии малой жесткостью, закалывают в закалочных машинах, прессах, в зажимных дисках и других приспособлениях [2].

Аналогично выражению (1) можно описать и время каждого из процессов.

Температура нагрева при закалке зависит от марки стали, содержания углерода и выбирается по таблице 1 [4]. Однако, не все марки с содержанием углерода подвергаются закаливанию, например, стали марок Ст 1, Ст 2, Ст 3, 10 и 15 не закаляются из-за незначительного содержания углерода.

Таблица 1. Температура закалки

| Содержание углерода, % | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 1,5 |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Температура, град | 830 | 815 | 800 | 780 | 770 | 770 |

Для наглядности на рис. 2 приведены цвета закалки стали при разных температурах [5].

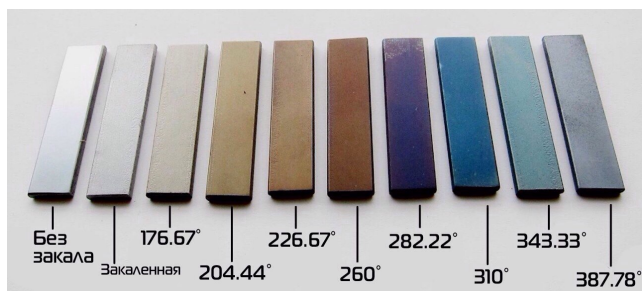


Рис. 2. Цвета закалки стали

IV. ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенного анализа особенностей процесса закалки металла определено, что результаты закалки зависят от следующих условий: температуры нагрева, скорости нагрева, продолжительности выдержки, скорости охлаждения. Температуры нагрева зависят от марки стали, содержания углерода.

Скорость нагрева зависит от: среды, в которой находится изделие; тепловой мощности печи; времени нагрева. Необходимо стремиться к сокращению времени нагрева, то есть, проводить его с максимальной скоростью, но так, чтобы не возникали трещины и был обеспечен полный и равномерный нагрев деталей по всему сечению. Чем выше температура печи, тем быстрее идет нагрев.

Продолжительность выдержки зависит от сечения деталей и теплопроводности металла.

Скорость охлаждения углеродистой стали устанавливается в зависимости от содержания в ней углерода; чем больше углерода содержится в стали, тем меньше должна быть скорость ее охлаждения во избежание образования различных пороков. Устанавливая скорость охлаждения при закалке деталей необходимо учитывать сложность формы изделий, которые могут иметь неодинаковые сечения по длине. Наибольшую скорость охлаждения дает дистиллированная вода, а наименьшую – мыльная вода.

Предложена обобщенная классификация основных видов закалки, которая позволит обеспечить стабильность качества металлических изделий, путем учета основных особенностей ключевых факторов закалки.

Получение качественного изделия не заканчивается закалкой, а также требует дальнейшей термообработки. Полную закалку обычно применяют для сталей и изделий, которые не подвержены растрескиванию или короблению. Качество изделий играет ключевую роль, так как ремонт зачастую связан с проведением дорогостоящих работ.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] J. Jeswiet, "Metal forming progress since 2000", CIRP Journal of manufacturing Science and technology, vol. 1, pp. 2-27, 2008.
- [2] F. Czerwinski, "Heat Treatment: Conventional and Novel Applications Review", BoD-Books on Demand, 408 p., 2012.
- [3] Л.В. Тодышева, "Основные методы обработки металлов", Техника и технологии: пути инновационного развития, №.1, с. 198-199, 2012.
- [4] G.E. Totten, "Steel Heat Treatment Handbook", CRC press, vol. 2, 820 p., 2006.
- [5] G.E. Totten, "Steel heat treatment: metallurgy and technologie

Система термостабілізації біоматеріалів в мікрокуветах

Денис Моспан, Володимир Фомовський, Роман Братушкін

Кафедра електронних апаратів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА, Кременчук, вул. Першотравнева, 20. email: denis.mospan@gmail.com

Анотація: Провідною ознакою сучасної клінічної діагностики є просторе впровадження автоматизованих лабораторій, де кожен етап досліджень контролюється єдиною комп'ютерною системою керування і передбачає

застосування спеціального обладнання, яке б забезпечило можливість реалізації такого зв'язку. До того ж висуваються додаткові вимоги щодо масогабаритних та енергоємних параметрів всіх типів