

УДК 621.791.13

РАХАДИЛОВ Б.К., БАТЫРБАЙ Э.Т.

ВКГУ имени С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ УПРОЧНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ МАРКИ 2

Аннотация

Начиная с кузнечного дела, человечество работало со сталью так долго, что посвятило целые отрасли промышленности термической обработке и упрочнению стальных составов, чтобы соответствовать современным потребностям.

Термическая обработка все чаще используется в тяжелой промышленности. Основным преимуществом упрочнения стали с помощью термической обработки - является достижение необходимых свойств и качества для стали. Термическая обработка допускает производственный процесс, который может улучшить производительность продукта за счет увеличения прочности стали, твердости и других желательных характеристик. Состав стали влияет на ее общее механическое поведение. Термическая обработка является эффективным способом манипулирования свойствами стальной продукции, контролируя скорость охлаждения. Это можно выразить с помощью коэффициента теплопередачи. Управляемость процесса охлаждения очень важен. Туман и водяные форсунки могут обеспечить хорошую контролируемость скорости охлаждения.

Abstract

Since blacksmithing, mankind has been working with steel for so long that it has devoted entire industries to the heat treatment and hardening of steel compounds to meet modern needs.

Heat treatment is increasingly used in heavy industry. The main advantage of hardening steel by heat treatment is the achievement of the necessary properties and quality for steel. Heat treatment allows for a manufacturing process that can improve product performance by increasing steel strength, hardness, and other desirable characteristics. The composition of the steel affects its overall mechanical behavior. Heat treatment is an effective way to manipulate the properties of steel products by controlling the cooling rate. This can be expressed using the heat transfer coefficient. Controllability of the cooling process is very important. Fog and water nozzles can provide good controllability of the cooling rate.

Термическая обработка сталей - это нагревание и охлаждение металлов с целью изменения их физико-механических свойств, не давая ему изменить свою форму. Можно сказать, что термическая обработка является способом упрочнения материалов, но также может использоваться для изменения некоторых механических

свойств, таких как улучшение механической обработки и т. д. Процесс термообработки включает использование нагревания или охлаждения, обычно до экстремальных температур, для достижения желаемого результата. Это очень важные производственные процессы, которые могут не только помочь процессу производства, но также могут улучшить продукт, его производительность и его характеристики во многих отношениях.

Режим термообработки стали марки 2

Упрочнение. Закалка включает нагревание стали, поддержание ее при соответствующей температуре до тех пор, пока она не превратится в аустенит, а затем быстрое охлаждение в воде или масле. Температура, при которой происходит быстрое аустенирование, зависит от содержания углерода в используемой стали. Время нагрева должно быть увеличено, чтобы ядро также полностью превращалось в аустенит. Микроструктура закаленной стальной детали - феррит, мартенсит или цементит.

Закал. Закалка включает нагревание стали, которая была закалена в течение соответствующего периода времени. Полученные твердость и прочность зависят от температуры, при которой проводится отпуск. Более высокие температуры приведут к высокой пластичности, но низкой прочности и твердости. Низкие температуры отпуска дадут низкую пластичность, но высокую прочность и твердость. На практике подбираются подходящие температуры отпуска, которые обеспечат желаемый уровень твердости и прочности. Эта операция выполняется на всех углеродистых сталях, которые были закалены, чтобы уменьшить их хрупкость, чтобы они могли эффективно использоваться в желаемых применениях.

Отжиг. Отжиг включает обработку стали до высокой температуры, а затем ее очень медленное охлаждение до комнатной температуры, так что получающаяся в результате микроструктура будет обладать высокой пластичностью и ударной вязкостью, но низкой твердостью. Отжиг выполняется путем нагревания компонента до соответствующей температуры, выдерживания его при этой температуре и последующего отключения печи, когда деталь находится в нем. Сталь отжигают перед обработкой холодной формовкой, чтобы снизить требования к нагрузке и энергии и дать возможность металлу без проблем подвергаться большим деформациям.

Нормализация. Нормализация включает нагревание стали, а затем выдерживание ее при этой температуре в течение некоторого времени, а затем охлаждение на воздухе. Полученная микроструктура представляет собой смесь феррита и цементита, которая имеет более высокую прочность и твердость, но более низкую пластичность. Нормализация выполняется на конструкциях и конструктивных элементах, которые будут подвергаться механической обработке, поскольку она улучшает обрабатываемость углеродистых сталей.

Цементация. Науглероживание-это процесс термической обработки, при котором сталь или железо нагревают до температуры ниже температуры плавления в присутствии жидкого, твердого или газообразного материала, который разлагается, выделяя углерод при нагревании до используемой температуры. Внешний корпус или поверхность будет иметь более высокое содержание углерода, чем первичный материал. Когда сталь или железо быстро охлаждается закалкой, более высокое содержание углерода на внешней поверхности становится твердым, в то время как ядро остается жестким и мягким.

Поверхностное упрочнение. Во многих инженерных приложениях поверхность компонента должна быть достаточно твердой, чтобы противостоять износу и эрозии, сохраняя при этом пластичность и ударную вязкость, чтобы противостоять ударным и ударным нагрузкам. Поэтому делается поверхностное упрочнение. Это может быть достигнуто путем локальной аустенитизации и закалки, а также диффузии упрочняющих элементов, таких как углерод или азот. Процессы, используемые для этой цели, известны как закалка пламенем, индукционная закалка, азотирование и карбонитрирование [1].

Влияние термической обработки на обработанных и необработанных образцов показано в Таблице 1. Функция отжига заключается в восстановлении пластичности, а также в снятии внутренних напряжений, но его показатель твердости по Бринеллю меньше, чем при твердении, потому что здесь углерод получает больше времени для реакции с кислородом в атмосфере для медленной скорости охлаждения. Функция упрочнения состоит в том, чтобы увеличить твердость образца, и поэтому его значение твердости по Бринеллю больше, чем отжиг и нормализация, поскольку здесь углерод не может получить больше времени для реакции с кислородом (для быстрой скорости охлаждения), поэтому углерод захватывается образцом и образуется мартенсит. Снижение прочности на разрыв и твердости может быть связано с образованием мягкой ферритовой матрицы в микроструктуре отожженного образца при охлаждении.

Результаты испытаний показали, что обработка отжигом дает удлинение, превосходящее любую другую изученную термическую обработку [2].

Механические свойства						
Термическая обработка	Прочность на растяжение (МПа)	Твердость (ВНН)	Удлинение в процентах (%)	Процентное снижение (%)	Предел текучести (МПа)	Модуль Юнга (ГПа)
Необработанный	402,45	69,8	23.16 / 15	56,24	220,03	207,88
Обжиг	389,34	62,15	25,22	64,12	212,54	302,32
Нормализация	452,13	120,36	22,7	63,23	242,26	288,12
Упрочнение	734,32	293,4	6,9	37,39	278,11	632,47
Закалка	421,76	100,01	23,2	69,01	232,78	293,63

Таблица 1. Механические свойства термически обработанной и необработанной стали

Термическая обработка стали марки 2

Термическая обработка стали марки 2 является сложной задачей. Для достижения однородного свойства стальных отливок должна быть принята разумная стратегия термообработки. Возьмем пример термической обработки стальных отливок из следующего состава: 0,28–0,32% С; 1,5–1,7% Мп; 0,4–0,6% Si; 0,25–0,3% Мо; и 0,025% S. Поскольку примесные элементы, такие как Si, Мп и т. д. разделены на зерна, отливка должна быть гомогенизирована для разрушения дендритной структуры. Чтобы получить гомогенизованную микроструктуру в отливке, компонент должен быть нагрет до очень высокой температуры, где подвижность замещающего легирующего элемента достаточно высока и получается гомогенный состав аустенита. Термообработка проводится при температуре от 1050 до 1100°С или выше. Если сталь раскисляется алюминием или если она содержит микролегирующий элемент, такой как Ti, V или ниобий, сталь будет по своей природе мелкозернистой и будет проявлять устойчивость к укрупнению. Достаточное время отводится для замачивания при высокой температуре гомогенизации, и точное время определяется в зависимости от состояния растений. Общий заряд, с интервалом между зарядами, весом отдельного предмета будет определять общее время гомогенизации. После выдержки сталь должна медленно остывать. Скорость охлаждения должна быть максимально низкой. Процесс охлаждения может быть остановлен, когда температура загрузки внутри печи достигает 400°С.

После гомогенизации проводят обычный отжиг, для которого стальные отливки нагревают в интервале температур 880–900°С и выдерживают в течение 1 часа на каждые 25 мм толщины сечения. После этого отливки охлаждают в печи. Там, где обычный отжиг не требуется, отливка может быть нормализована после гомогенизирующего отжига. Для этого шихту нагревают до 860–880 °С и выдерживают в течение 1 ч на 25 мм толщины.

После нормализации необходимо провести отпуск для достижения желаемых свойств. Затем отливки помещают в печь для отпуска, и закалка обычно выполняется в диапазоне температур 500–550°С и выдерживается там в течение предварительно выбранного периода времени.

Вышеприведенный пример представляет собой общий цикл термообработки стали, как показано на рисунке 1. Время, температура или характер процесса могут отличаться в случаях, когда различные виды легированных сталей подвергаются термообработке. Тем не менее, гомогенизация при высокой температуре, обычный полный отжиг, нормализация и, наконец, отпуск - основные этапы термической обработки стального литья.

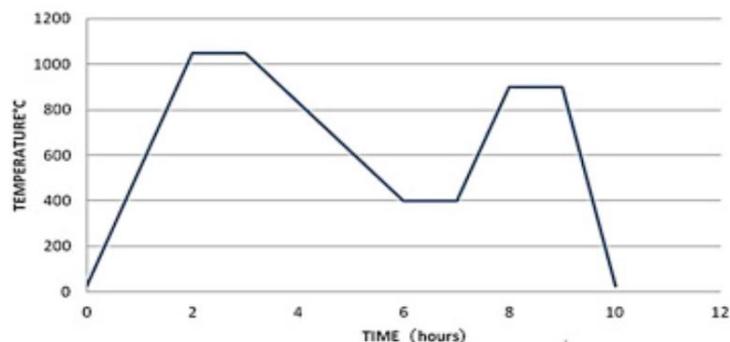


Рисунок 1. Цикл термообработки для разливки стали (вертикально указана температура, горизонтально время)

Влияние термообработки стали марки 2 на ее микроструктуру

Микроструктура необработанного образца имеет две основные составляющие: феррит (белый) и перлит (черный). Светлая область микроструктуры представляет собой феррит, а темная область - перлит. Микроструктура отожженного образца показана на диаграмме 1. Ферритовые зерна подверглись полной рекристаллизации, и они составили основную часть микроструктуры отожженной низкоуглеродистой стали с матрицей без напряжений. При 910 ° С деформированная структура была полностью гомогенизирована, и во время медленного охлаждения от диапазона аустенизации до комнатной температуры конечная микроструктура состояла из мелких зерен феррита, в которых перлит был более равномерно распределен [3].

Если нормализовать данную сталь, то результат будет следующим: нормализованный образец, что на форму и размер исходных аустенитных зерен оказал значительное влияние. Образец выявил перлитную матрицу, в которой имелись более короткие графитовые чешуйки, чем в отожженном образце. Массивная мартенситная структура закаленного образца, когда среднеуглеродистые стали быстро охлаждаются от температуры аустенита до комнатной температуры, аустенит разлагается на смесь небольшого количества среднего углеродного мартенсита и меньшего количества перлита в результате этой микроструктуры, которая является твердой следовательно, далее происходит увеличение прочности на разрыв, твердости и снижение пластичности материала. В микроструктуре, закаленной при 450°C, наблюдаются сильно рекристаллизованные зерна феррита (участки с белыми точками) с некоторым вторичным графитовым участком [2].

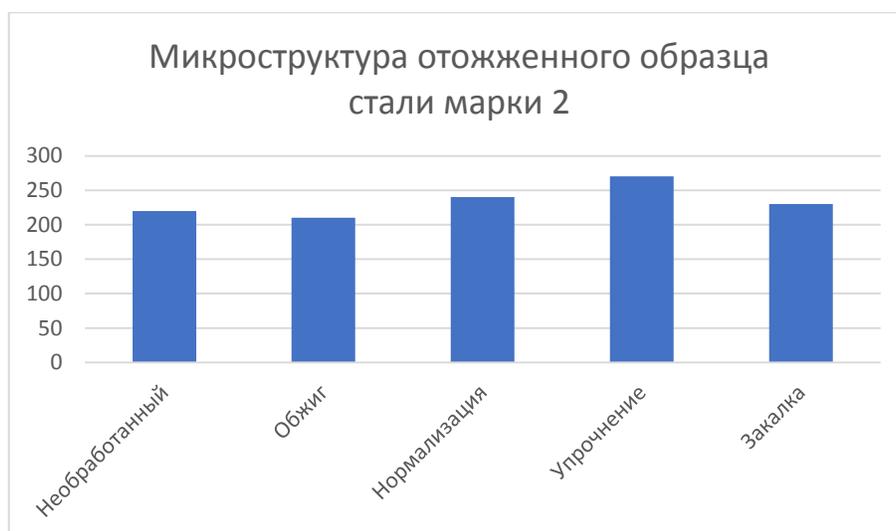


Диаграмма 1

Из полученных результатов можно сказать, что механические свойства в значительной степени зависят от различной формы операций термообработки и скорости охлаждения. Следовательно, в зависимости от свойств и применений, которые могут потребоваться для любой цели проектирования, следует принять подходящую форму термообработки. Для высокой вязкости и минимальной ударной вязкости отожженная мягкая сталь даст удовлетворительные результаты. По результатам исследования влияния термической обработки на механические свойства и микроструктуру стали марки 2 были сделаны следующие выводы: предел прочности при растяжении, предел текучести и твердость низкоуглеродистой стали увеличились с пластической деформацией, а пластичность и ударная вязкость снизились из-за деформационного упрочнения. Обработка нормализацией также привела к более высокой прочности на разрыв и твердости, чем отожженные образцы. Закаленные образцы дали увеличение прочности на разрыв и твердости, чем необработанный образец, в результате образования закаленного мартенсита и полученной структуры феррита, которые были получены. Закаленный образец имел наивысшую прочность на разрыв и твердость при самой низкой пластичности и ударной вязкости по сравнению с другими термообработанными образцами. Упрочнение настоятельно рекомендуется, когда прочность и твердость являются основными желаемыми свойствами в дизайне. Механические свойства стали марки 2 могут быть изменены с помощью различных термических обработок.

Список использованной литературы

1. Heat Treatment of Steels & Metals (Термическая обработка сталей и металлов) // <https://www.brighthubengineering.com/> URL: <https://www.brighthubengineering.com/manufacturing-technology/30476-what-is-heat-treatment/> (дата обращения: 3.12.19).
2. ASTM E23 (2008) Standard Test Method for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials. American Society of Testing and Materials (Стандартный метод испытаний на ударопрочность металлических материалов. Американское общество испытаний и материалов).
3. Hu HJ, Zhai ZY, Li YY, Gong XB, Wang H, et al. (2015) Имитационные исследования по горячей экструзии сверхтонкой трубы из магниевых сплавов. Российский журнал цветных металлов 56: 196-205.