

ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛИ 5XB2C, ПОДВЕРГНУТОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Куис Д.В.¹, Степанкин И.Н.², Лежнев С.Н.³

¹Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь

²ГПО «Белоруснефть», г. Гомель, Беларусь

³НАО «Рудненский индустриальный институт», г. Рудный, Казахстан

E-mail: Sergey_legnev@mail.ru

Несмотря на бурное развитие металлургических процессов производства полуфабрикатов, направленных на совершенствование режимов выплавки, разлива и кристаллизации, существенное улучшение свойств любого литого металла, обеспечивающее его широкое применение в современном машиностроении, достигается путем комбинированной термомеханической обработки заготовок, совмещающей горячую обработку давлением и термообработку. Основными аргументами применения комбинированной термомеханической обработки являются: придание металлу необходимой формы и размеров по возможности ближе к конфигурации и размерам детали с наименьшими трудозатратами; устранение дефектов литой структуры; повышение качества металла преобразованием литой структуры в деформированную; распределение свойств металла в объеме поковки и заготовки по закону, удовлетворяющему эксплуатации данной детали на стадии изготовления пластическим деформированием и термической обработки.

Применяемые в настоящее время большинством машиностроительными производителями технологии и оборудование давно морально устарели и малоэффективны. Общей проблемой для всех является высокая энергоемкость производства, низкая его производительность и качество выпускаемых поволоков и заготовок, оставляющее желать лучшего. А именно поволоки и заготовки, являются исходными материалами для изготовления высококачественного инструмента и технологической оснастки на предприятиях горно-металлургического машиностроения.

Поэтому целью данных исследований является создание энергоэффективной технологии термомеханической обработки, включающей горячую обработку давлением и последующую термическую обработку заготовок из экономнолегированных сталей различного назначения для горно-металлургического машиностроения, в частности стали 5XB2C, и исследование ее влияния на эволюцию микроструктуры данной марки стали.

На первом этапе данных исследований была разработана и исследована новая технология ковки заготовок в инструменте, реализующем в металле знакопеременные деформации [1-2].

На втором этапе нами были предложены следующие режимы термической и термохимической обработки стали 5XB2C, ранее подвергнутой ковке в инструменте, реализующем в металле знакопеременные деформации:

1) Термическая обработка: закалка от температуры 880°C в масле с последующим отпуском при температуре 200°C (1-й режим) и 500°C (2-й режим).

2) Термохимическая обработка:

2.1) цементация в твердом карбюризаторе (920 °C, 8 и 12 часов) + закалка от температуры 880°C в масле с последующим отпуском при температуре 200°C;

2.2) нитроцементация в твердом карбюризаторе модифицированном карбамидом (880 °C, 6 и 8 часов) + закалка от температуры 880°C в масле с последующим отпуском при температуре 200°C.

Именно второму этапу исследований и посвящена данная работа. Хочется отметить, что для проведения сравнительного анализа параллельно с проведением термической и термохимической обработки стали 5XB2C, ранее подвергнутой ковке в инструменте, реализующем в металле знакопеременные деформации, по аналогичным режимам была проведена термическая и термохимическая обработка стали 5XB2C, подвергнутой отжигу при температуре 700°C с выдержкой 40 минут.

Экспериментальные исследования проводили на лабораторной базе Рудненского индустриального института (Казахстан) и Белорусского государственного технологического университета (Беларусь). Для нагрева образцов использовали муфельные печи SNOL 30/1300 LSF01. Нагрев не подвергаемых упрочнению образцов, осуществляли в контейнерах с чугунной стружкой и герметичным затвором между крышкой и корпусом. Замок засыпали мелкозернистым кварцевым песком. При проведении закалки контейнер извлекали из печи и сразу после открытия образцы на подвеске извлекали из стружки и помещали в закалочное масло. При проведении упрочняющей обработки, осуществляемой до закалки, реализовали два варианта. По первому проводили науглероживание в контейнерах с модифицированным углекислым барьером древесным углем. После его окончания контейнеры охлаждали вместе с печью, а затем проводили нагрев под закалку в контейнере с чугунной стружкой. По второму варианту высокотемпературную нитроцементацию проводили в контейнере с древесным углем, модифицированным мочевиной. Поскольку температура насыщения совпадала с температурой нагрева под закалку, то ее проведение осуществляли путем непосредственного извлечения подвески с образцами из контейнера с углем и погружения в закалочное масло. Во всех случаях в качестве закалочной среды использовали полимерную композицию «ТЕРМОВИТ-М».

Таким образом, для проведения металлографических исследований стали 5XB2C была получена серия образцов, подвергнутых термической и термохимической обработке на различных режимах.

Для изучения микроструктуры из всех образцов на отрезном станке для влажной абразивной резки BRILLANT 230 ATM были вырезаны темплеты и подготовлены микрошлифы на полировально-шлифовальном станке SAPFIR 520. Для выявления микроструктуры использовался универсальный для железоуглеродистых сплавов травитель: 4 % HNO₃ в этиловом спирте.

Анализ эволюции микроструктуры был проведен с применением металлографического комплекса, включающего световой микроскоп МИ-1, цифровую камеру Nikon Colorpix-4300 с фотоадаптером.

Результаты исследования микроструктуры исходных образцов полученных ковкой в инструменте, реализующем в металле знакопеременные деформации, показывают доэвтектоидную структуру с присутствием текстурированности в направлении протяжки заготовки, выраженной наличием вытянутых светлых зон на поверхности микрошлифа. В то время как образцы, не подвергнутые ковке, направленности структуры не имеют.

Сравнительный анализ микроструктуры исходных образцов показал положительное влияниековки в инструменте, реализующем в металле знакопеременные деформации, которое выразилось в измельчении и большей равномерности структурных составляющих, что таким же образом отразилось и на структурном состоянии образцов, подвергнутых упрочняющей термической и термохимической обработке, что в свою очередь должно положительно сказаться и на комплексе их механических свойств. Это обусловлено тем, что измельчение и более равномерное распределение структурных составляющих по сечению кованой заготовки улучшает динамику фазовых превращений при последующей термической обработке.

Анализ результатов исследования микроструктуры образцов стали 5XB2C после термохимического упрочнения показывает, что на поверхности образуются диффузионные слои, состоящие из заэвтектоидной зоны постепенно переходящей к основе.

Исследованиями установлено, что длительность термодиффузионного насыщения незначительно повлияла на общую глубину модифицированного слоя. При этом цементация обеспечила диффузию на несколько большую глубину чем нитроцементация. Толщина модифицированных слоев составила до 1,5 мм после цементации, до 0,6 мм после нитроцементации.

Отдельного внимания заслуживают морфологические признаки перераспределения имплантируемых атомов углерода в образцах, цементация которых длилась 8 часов. Для обеих партий образцов как для отожжённых, так и для подвергнутых ковке, заметно выраженная локализация карбидных включений по границам зерен. При этом структура карбидной фазы сохраняет обособленную разрозненность отдельных зерен, редко отличающихся от глобулярной формы. Сплошная сетка практически не образуется. Похожая морфология выявляется и после проведения высокотемпературной нитроцементации в течение 8-ми часов. При этом увеличение выдержки при цементации до 12-ти часов снижает уровень погранично-зеренной ликвации. Объем карбидной фазы распределен более равномерно на одном и том же расстоянии от поверхности и убывает по мере углубления. В образцах подвергнутых нитроцементации обратная ситуация – более равномерную структуру имеет слой, сформированный при 6-ти часовом упрочнении. При этом основные структурные составляющие – зерна твердого раствора, отличаются признаками, которые присущи предварительной обработке.

Вывод: Сравнительный анализ микроструктуры образцов, подвергнутых новым режимам комбинированной термомеханической обработки, показал, что разработанные технологии способствовали качественному улучшению микроструктуры по сравнению с образцами, не подвергнутыми предварительной ковке в новом кузнечном инструменте, реализующем в металле знакопеременные деформации. Это выразилось в получении более мелкозернистой и равномерной структуры, как в поверхностном слое, так и в основе материала (центральная часть и промежуточная). При этом толщина модифицированных слоев составила до 1,5 мм после цементации, до 0,6 мм после нитроцементации.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP09259236).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Патент на полезную модель Республики Казахстан №5700. Инструмент для протяжки заготовок. Найзабеков А.Б., Лежнев С.Н., Волокитина И.Е., Панин Е.А., Волокитин А.В., 2020. Бюл.52.
2. Лежнев С.Н., Найзабеков А.Б., Волокитина И.Е., Панин Е.А., Куис Д.В. Влияниековки в бойках новой конструкции, реализующих знакопеременные деформации, на структуру и механические свойства стали 5ХВ2С./ Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2022. Том 9, №1. - С. 9-13