

Влияние технологии изготовления на структурную однородность японской и дамасской сталей

Студенты гр.10405118: Матюков Иван Максимович

Ященко Артём Сергеевич

Научный руководитель: Астрейко Людмила Александровна

Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Наибольший интерес среди исследователей по сочетанию пластических и прочностных свойств находят материалы японской и дамасской сталей. Этот материал работает и в условиях удара, и при щадящем использовании без динамического воздействия. Японская сталь отличается чередованием слоев низко- и высокоуглеродистой, в отличие от дамасской стали, в которой чередуется чистое железо и высокоуглеродистая сталь.

Процесс изготовления изделий из японской стали начинается с выплавки: изначально рудный песок размещали в яме вместе с предварительно измельченным древесным углем и плавил. Это позволяло удалить вредные серо- и фосфорсодержащие примеси и провести насыщение железа углеродом. В результате получается так называемая крица - высокопористые куски железа. При таком способе получения железа, жидкий металл контактирует со шлаком и происходит удаление неметаллических включений и вредных примесей. Выплавленные куски крицы перековывались в прутья и закапывались в болотистую землю. Насыщенная солями и кислотами болотная вода разъедала прутья и тем самым обеспечивается дополнительное удаление (очистка) вредных примесей. Далее слитки полученного металла опять перековываются в тонкие пластины с охлаждением в воде. После закалки пластины разбиваются на небольшие куски. Предполагают, что это приводит к дополнительной очистке, так как сколы происходят в местах, расположения шлаковых включений. Излом имеет хрупкий характер и присутствуют видимые включения шлака. Содержание углерода в полученном металле определяется по искре: чем выше содержание углерода в стали, тем больше сноп с яркими желто-оранжевыми искрами. Таким образом куски стали дифференцируются на низкоуглеродистую и высокоуглеродистую стали. Полученные куски металла укладывали пакетом на большую пластину из этого же материала. Пакет нагревается примерно до 1200°C и подвергается кузнечной сварке. Целью является получение оптимального сочетания вязкости и твердости. Для этого каждую заготовку ковали до состояния пластины и складывали пополам, и снова ковали. Такой цикл повторялся до 15-20 раз. При этом получалось до нескольких тысяч чередований слоев высокоуглеродистой и низкоуглеродистой сталей [1].

Термообработка является важным этапом изготовления, обеспечивающим упрочнение режущей кромки. В результате закалки на стали появляется типичный узор - хамаон. Хамаон представляет собой зону перехода от твердой мартенситной к более мягкой перлитной зоне стали.

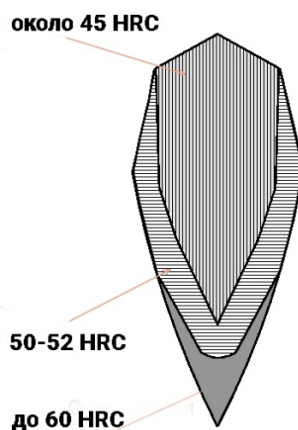


Рисунок 1. Расположение слоев стали в сечении меча

На основании металлографического анализа установлено, что по сечению меча из японской стали присутствуют структуры: на режущей кромке - мартенсит (до 60HRC), плавно переходящий в троосто-мартенситную структуру (52-54 HRC) и имеющую сорбит зернистый (около 45HRC) в центре сечения клинка (см. рисунок 1). При этом твердость клинка меняется не только по сечению, но и по длине клинка. Наибольшая твердость достигается на режущей кромке и острие. Также установлено наличие фрагментарно волокнистой структуры. Волокна представляют собой сильно вытянутые по поперечной оси поликристаллические структуры из слоев стали с разным содержанием углерода. Между самими волокнами периодически прослеживаются следы сварочных швов. Плотность волокон у кромки лезвия доходит до 100-300 волокон на квадратный миллиметр [1].

Дамасская сталь в структуре отличается от японской стали чередованием слоев чистого железа и высокоуглеродистой стали, что придает стали вязкость с одновременно повышенной твердостью.

Основным недостатком дамасской стали является низкая коррозионная стойкость, обусловленная большим содержанием углерода в компонентах поковки и практически полным отсутствием легирующих элементов.

Текстура травленной дамасской стали представляет оптический эффект неравномерного распределения углерода в материале (см. рисунок 2).



Рисунок 2. Пример структуры дамасской стали

Изначально крица для изготовления дамасской стали содержит 0,05-0,15 %С. Сталь науглероживали в горне при температурах около 1000 °С и выдержкой от нескольких часов до нескольких дней. Толщина науглероженного слоя была в диапазоне от 0,5 до 1,0 мм. Для более равномерного распределения углерода по сечению, заготовки сваривали кузнечной сваркой, перековывали и опять подвергали науглероживанию. Такой цикл повторялся до нескольких раз. В результате термической и кузнечной обработки заготовки получалась структура с чередованием чистого железа и высокоуглеродистой стали. В ходе термообработки содержание углерода по слоям в некоторой степени выравнивалось за счет его диффузии [2].

Структура дамасской стали обеспечивает хорошие прочностные и режущие свойства: создается эффект «микропилы» при котором участки с более твердой и износостойкой высокоуглеродистой стали выступают в роли микрозубьев. Структура обеспечивает устойчивость к ударным нагрузкам: высокоуглеродистая сталь, обработанная на троосто-сорбит, может треснуть при динамическом ударе, но слои чистого железа блокируют распространение трещин и обеспечивает сохранение целостности.

Сравнение технологий изготовления японской и дамасской сталей выявило, что, не смотря на различия в технологии набора слоев в сварном кузнечном композите, средневековым мастерам из разных концов мира с применением примитивных технологий микроскопического анализа, таких как на анализ структуры излома стали и примерного содержания углерода по снопу искр, удалось уже в те времена изготовить первые композиционные материалы. Японская сталь создается из чередования слоев низкоуглеродистой и высокоуглеродистой сталей, тогда как дамасская чередованием слоев чистого железа и высокоуглеродистой сталей. Обе структуры позволяют получить высокую твердость на режущей кромке при одновременно высокой вязкости в середине.

В современности данные стали находят в свое применение для режущего инструмента, в частности кухонных ножей и холодного оружия, так и в изготовлении декоративных вещей благодаря своей необычной текстуре.

Список использованных источников

1. Федосеев С.Н. Секреты изготовления японского меча // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: Труды XIII региональной научно-практической конференции студентов и учащейся молодёжи. – Юрга, ЮТИ ТПУ, 9-10 апр. 2009. – Томск: Изд. ТПУ, 2009. – С. 22-24.
2. Шерби О.Д., Дж. Уодсворт Дамасская сталь. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://padaread.com/?book=31979>