



Конкурс для школьников «Гениальные мысли» Автореферат проекта призера II степени

Название работы – Исследование возможности определения твердости сталей методом сканирующей зондовой микроскопии.

Автор – Лопатин Андрей Владимирович, 10 класс, КГБОУ «Бийский лицей-интернат Алтайского края», г. Бийск.

Руководитель – Ильясова Ксения Георгиевна, учитель химии, КГБОУ «Бийский лицей-интернат Алтайского края», г. Бийск.

Основная идея работы, цели, задачи

Основная *идея* заключается в том, чтобы доказать или опровергнуть тот факт, что шероховатость поверхности стали, определяемая методом зондовой микроскопии, зависит от её твердости.

Цель: определить относительную твердость образцов стали разных марок методом сканирующей зондовой микроскопии.

Задачи:

1. изучить информацию по теме проекта;
2. выбор образцов стали и методик их обработки для достижения примерных условий равного воздействия;
3. выбор режима зондовой микроскопии, ее проведение, определение количественных характеристик топографии поверхности;
4. анализ и обработка полученных результатов.

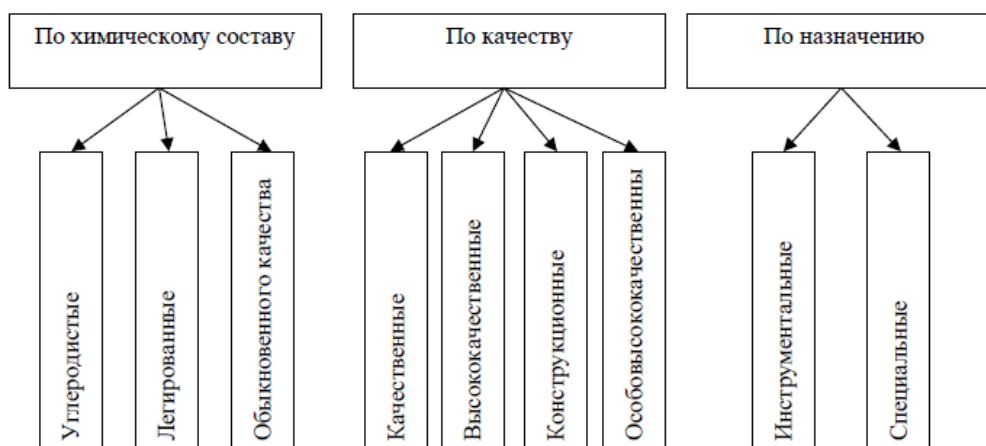
Актуальность и новизна работы

Данная работа будет актуальна для тех, кто занимается обработкой металла, не имеет возможности определять твердость при помощи специального оборудования, но имеет возможность определить шероховатость поверхности материала. Подобные исследования не были найдены на просторах сети интернет, возможно таковые проводились, но сравнение нескольких образцов с последующим анализом соответствия полученных значений шероховатости с заявленной марочной твердостью не проводились. Поэтому в данной работе представляется новый способ определения твердости стали путем сканирования поверхности в STM-режиме.

Основные результаты

Сталью называется сплав железа с углеродом, в котором массовая доля углерода составляет до 2,14 % (теоретически). На практике концентрация углерода составляет не более 1,5 %. Кроме углерода в сталь содержит постоянные примеси: кремний, марганец, сера, фосфор и другие химические элементы.

Так как сталь обладает отличными физическими свойствами, она нашла применение почти во всех сферах нашей жизни, начиная от строительной, заканчивая медицинской. При этом можно привести схему классификации сталей [5]:



Твердость материала – это стойкость к разрушению при внедрении во внешний слой более твердого материала. Другими словами, способность к сопротивлению деформирующим усилиям (упругой или пластической деформации).

Определение твердости металлов производится посредством внедрения в образец твердого тела, именуемого индентором. Роль индентора выполняет: металлически шарик высокой твердости; алмазный конус или пирамида.

Основными методами измерения твердости считаются: по Бринеллю, по Роквеллу, по Виккерсу. А единицы измерения твердости весьма условные.

При выборе образцов стали для проведения исследования опирались на их доступность, различия по составу и назначению (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика исследуемых образцов стали.[6]

Номер образца	Название стали	Маркировка стали	Предназначение	Свойства	Твердость по Роквеллу [3]
1	Конструкционная Углеродистая Обыкновенного качества	Ст3 (0,14-0,22% углерод)	Неответственные сварные конструкции, крепежные детали, винты, болты, шпильки, шайбы, гайки, шплинты, заклепки, гвозди, шурупы	Хорошо свариваются, куются, штампуются и обрабатываются резанием. Закалке не подвергаются.	15-20HRC
2	Конструкционная Легированная	15ХФ (0,15% углерод 0,8-1,1% хром 0,06 - 0,12% ванадий)	В зависимости от добавок применяется для изготовления режущих инструментов, проката, втулок, толкателей, шестерен и др.	Увеличенная конструкционная прочность, достигаемая путем добавления различных добавок	52-56 HRC

3	(Медицинская) Специальная Легированная	50x14MФ (0,48-0,55 % углерод 14,0-15,0% хром 0,45-0,80% молибден)	Медицинские колюще- режущие приборы: скальпели, пилы и т.п.	Обладают стойкостью против химической и электрохимич еской коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной).	56-57 HRC
4	Инструментальная Легированная Быстрорежущая	P6M5 (0,82-0,9% углерод 3,8 - 4,4% хром 4,8 - 5,3% молибден 1,7 - 2,1% ванадий)	Изготовление режущего инструмента, работающего при высоких режимах резания: фрезы, сверла, резцы.	Высокие прочность, твердость и ударная вязкость, а также высокие режущие свойства инструмента.	60-62 HRC

Лаборатория нанотехнологий и зондовой микроскопии КГБОУ «Бийский лицей-интернат Алтайского края» работает с микроскопом сканирующим зондовым «СММ-2000» производства АО«Завод ПРОТОН» (г.Зеленоград, г.Москва).

Для изучения топографии поверхности образцов стали разных марок был выбран STM-режим, так как именно в нем можно изучать проводящие ток материалы. [1]

Для достижения примерно одинакового состояния поверхностей было решено провести полировку образцов стали в равных условиях. Для полировки металла до зеркального блеска в домашних условиях чаще всего применяют специальную пасту, например ГОИ, а также полировальный круг и дополнительные инструменты для обработки металла. Так как обработка производилась в домашних условиях, то использовались лишь самые необходимые инструменты.

Подготовка образцов включала три этапа:

1. Черновая обработка. Отрезка образцов от основной детали с помощью отрезного круга и шлифмашинки. Грубая шлифовка на камне зернистостью 80 grit, придание ровной плоскости, для последующей обработки.
2. Чистовая обработка. Поэтапная мокрая шлифовка образцов на водных камнях 120, 320, 600 grit соответственно, соблюдая плоскость. Далее мокрая шлифовка на наждачной бумаге зернистостью 800, 1500, 2000, 2500 grit соответственно. После полировки на 2500 grit поверхность всех образцов была зеркальна.
3. Финишная полировка. Обработка образцов при помощи ручной шлифмашинки. Полировка производилась на скорости 2000 об/мин тонкой пастой ГОИ на войлочном круге, затем сухим кругом на скорости 3000 об/мин. После данной операции невооруженным глазом стало сложно разглядеть даже самые маленькие царапины.

После, образцы были обезжирены и очищены от остатков пасты. Таким образом, по отношению ко всем исследуемым образцам было применено равное воздействие при обработке для достижения идентичности всех поверхностей, а именно – полировка производилась одинаковое количество времени, при одинаковой силе надавливания полировочного круга, одинаковыми движениями. Окончательная подготовка поверхности материалов завершена. [2] (Рисунок 1)



Рис.1. Готовые образцы стали разных марок: 1 – Конструкционная/ Углеродистая Обыкновенного качества; 2 – Конструкционная/ Легированная; 3 – (Медицинская)/ Специальная/ Легированная; 4 – Инструментальная/ Легированная/ Быстрорежущая

Получены STM–изображения поверхности образца размером от 38 мкм до 279 нм (Рисунки 2-5).

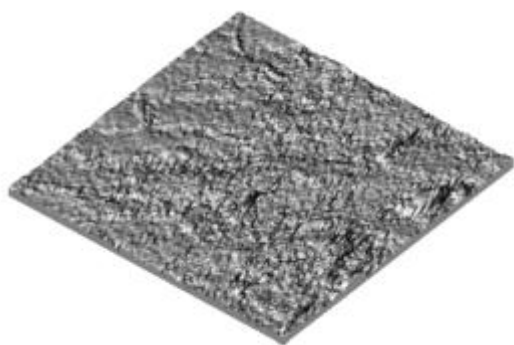


Рис.2. 3d-изображение поверхности образца 1 – Сталь конструкционная/ Углеродистая/ Обыкновенного качества. Размер кадра 2,39 мкм

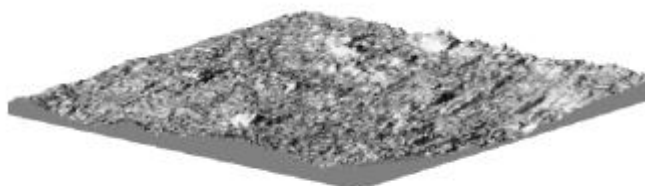


Рис.3. 3d-изображение поверхности образца 2 – Сталь конструкционная/ Легированная. Размер кадра 4,77 мкм



Рис.4. 3d-изображение поверхности образца 3- Сталь медицинская/ Специальная/ Легированная. Размер кадра 19,1 мкм

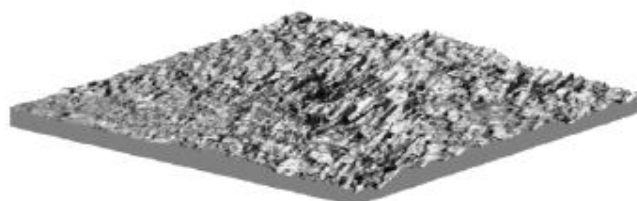


Рис.5. 3d-изображение поверхности образца 4- Сталь инструментальная/ Легированная/ Быстрорежущая. Размер кадра 1,19 мкм

Стоит заметить, что с увеличением разрешения качество снимков ухудшалось (у некоторых образцов – значительно), предположительно, по причине присутствия легирующих добавок, образующих диэлектрическую оксидную пленку.

Результаты постобработки представлены в таблице 2.

Таблица 2. Относительная твердость образцов стали, определенная по результатам микроскопии, в сравнении с предполагаемой твердостью по Роквеллу.

Номер образца	Твердость по Роквеллу [3]	Средняя шероховатость Ra, нм (размер кадра 4,77мкм)	Средний размер зерна Sm, нм (размер кадра 4,77мкм)	Относительная твердость по результатам определения шероховатости: от 1 (самый мягкий) до 4 (самый твердый)
1	15-20HRC	14,0	37,6	1
2	52-56 HRC	29,5	188,5	2
3	56-57 HRC	34,4	1800,0	3
4	60-62 HRC	38,3	355,0	4

Результаты исследования топографии поверхности образцов стали разных марок методом сканирующей зондовой микроскопии позволяют говорить о том, что от твердости сплава зависит шероховатость обработанной поверхности. Чем тверже материал, тем больше шероховатость при равном воздействии во время обработки.

Выводы, заключение, перспективы

Сформулированная нами гипотеза подтвердилась. Исследовав топографию поверхности образцов стали разных марок методом сканирующей зондовой микроскопии, мы определили их относительную твердость. В ходе исследования были выполнены все поставленные задачи.

Выводы исследования:

1. сталь является одним из самых значимых материалов, используемых человечеством. Твердость стали является важным свойством, учитываемым при работе с ней, в том числе при выполнении технологических проектов;
2. для проведения эксперимента выбраны четыре образца стали разных марок и назначения, подобрана методика, по которой проведена их обработка с применением равного воздействия на их поверхности;
3. для проведения зондовой микроскопии был выбран STM-режим, позволяющий работать с проводящими ток материалами; микроскопия проведена; получены 3d-изображения поверхности образцов размером от 38 мкм до 279 нм; определены такие параметры топографии поверхности, как средняя шероховатость поверхности и средний размер зерна;
4. в ходе анализа полученных результатов выявлена зависимость шероховатости поверхности образцов, полученных при равном воздействии во время обработки, от их марочной твердости, что позволяет говорить о возможности определения твердости стали методом сканирующей зондовой микроскопии.

Результаты исследования могут быть интересны тем, кто работает со сталью, а так же с другими металлами и сплавами, для кого имеет значение твердость материала. А также тем, кто занимается зондовой микроскопией.

Список цитированных источников

1. В.Л. Миронов. Основы сканирующей зондовой микроскопии Учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений [Текст] РАН, Институт физики микроструктур – г.Нижний Новгород, 2004 г. – 114с.
2. Е.В. Панченко и др. Лаборатория металлографии // под ред. док. техн. Наук проф. Б.Г. Лившица [Текст] – М.: «Металлургия», 1965г. – 439с.
3. Твердость стали. [Электронный ресурс] Режим доступа <https://stankiexpert.ru/tehnologii/tverdost-metallov.html>
4. Сканирующий зондовый микроскоп «СММ-2000», руководство пользователя. [Текст]
5. Сталь. Виды, классификация. [Электронный ресурс] Режим доступа <https://extxe.com/13657>
6. Характеристики, расшифровка, химический состав стали. [Электронный ресурс] Режим доступа <https://metal.place/ru/wiki>