

УДК 620.168.36

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТИЗЫ ДЕТАЛИ ТИПА «БОЕК» КАМНЕДРОБИЛКИ

Кемерова С.А., магистрант гр. МСм-161, I курс
Коротин В.О., магистрант гр. КТм-161, I курс
Короткова Л.П., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф.Горбачева
г. Кемерово

Проблема использования импортных узлов и агрегатов, их замена и ремонтпригодность становится все более актуальной. Основная причина этой проблемы заключается в том, что большинство иностранных производителей предлагают полную замену узлов и агрегатов, в которых дефектными являются всего одна-две детали. То есть, они, как правило, не предоставляют ремонтных комплектов для замены отдельных деталей в узлах и агрегатах.

В ООО «Сибирская Инжиниринговая Торговая Компания» возникла ситуация с частым выходом из строя детали типа «боек» в камнедробилке. Он используется для предварительного дробления угольных масс и пород перед транспортировкой скребковым конвейером.

Перед фирмой возникла необходимость производства детали-аналога по свойствам, приближенным к детали-оригиналу. В этой связи кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» КузГТУ было предложено разработать комплекс мер по импортозамещению изнашиваемой детали.

Методика исследования. Для решения этой задачи возникла необходимость подбора марки стали для бойка и выбора упрочняющей термической обработки, а также поиска наплавочного материала и метода наплавки рабочей части бойка.

В основу исследований была положена методика контроля качества сталей, разработанная и внедренная на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» КузГТУ [1,2]. Исследования включали в себя следующие основные методы:

- химический анализ оригинальной детали, проводимый с целью установления качественного и количественного содержания химических элементов в металлопродукции методом оптико-эмиссионного анализа (ГОСТ 18895);
- измерение твердости основы детали, осуществляемое по методу Ровелла (ГОСТ 9013), а наплавленного слоя – по методу Виккерса (ГОСТ 2999);
- анализ макроструктуры (по ГОСТ 10243) и микроструктуры (ГОСТ 1763, ГОСТ 8233, ГОСТ 1778, ГОСТ 5639).

Результаты исследований. В ходе сравнительных испытаний было произведено исследование детали-оригинала и детали-аналога, произведенной фирмой «СИТК».

В частности, для выявления причины быстрого выхода из строя детали типа «боек» проведен макроанализ ее изломов с целью выявления механизма разрушения. Изучение разрушенных бойков свидетельствует о наличии двух механизмов разрушения:

1. Усталостно-хрупкий. Разрушение происходит в области резкого перехода от тела бойка к валу. Судя по излому, зарождаются трещины в месте перехода, затем происходит частичная приработка и доламывание детали по хрупкому механизму. Местом зарождения усталостной трещины является область резкого перехода от державки бойка к ее телу.

2. Хрупкий. Он происходит в области наплавленного слоя. Вид излома – «скольчатый». На рис.1 отображено развитие трещины и ее распространение. Трещина зарождается в переходной области между наплавленным слоем и основой детали, она развивается вдоль наплавленного слоя и отслаивается по хрупкому механизму. Затем происходит катастрофическое разрушение самой детали.

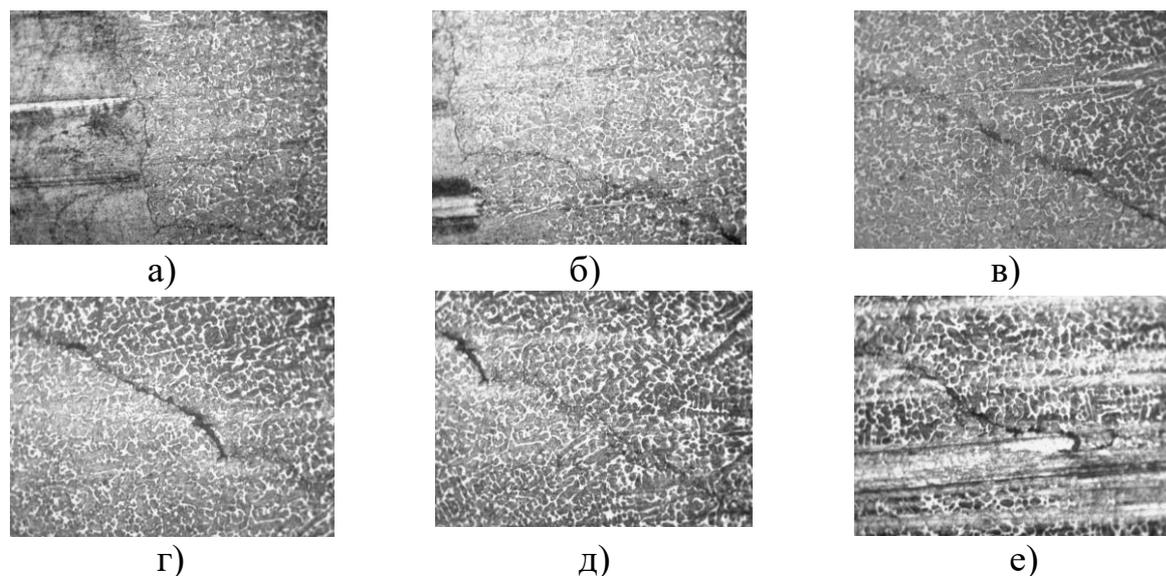


Рис. 1. Последовательное развитие трещины:

а) по границе раздела; б) переход трещины из зоны основного металла в наплавленный; в), г), д), е) распространение трещины внутри наплавленного слоя

Результаты химического анализа выявили несоответствия по химическому составу. Так основа детали-аналога изготовлена из высококачественной конструкционной стали марки 30ХГСА (по ГОСТ 4543). Основа детали-оригинала отличается от детали-аналога повышенным содержанием никеля (1,66 %), молибдена (0,23 %) и может быть отнесена к марке 30ХГСН2А (по ГОСТ4543) – для поковки и к марке 27ХН2МФЛ (по ГОСТ 21357) – для ли-

той заготовки, что соответствует марке 35CrNiMo6 (Германия, Евросоюз по DIN), марке 2541 (Швеция) и марке BOHLERV155 (Австрия) [3].

Разница в химическом составе детали-аналога отрицательно отражается на ее прочности и ударной вязкости [3,4]. Поковка из стали 30ХН2МА, приближенная к оригинальной по химическому составу, по механическим свойствам примерно на 30% превосходит поковку из стали 30ХГСА. Литая заготовка детали-аналога из стали 27ХН2МФЛ превосходит также по механическим свойствам на 30% сталь 30ХГСА. Сравнение произведено после термического улучшения для заготовок с сечением до 100 мм [5,6].

Исследования макроструктуры показали, что заготовка детали-оригинала изготовлена методом литья, а деталь-аналог – поковка.

Металлографические исследования и измерения твердости показали, что в качестве упрочняющей термической обработки для исследованных деталей использовано термическое улучшение [7]. В обоих случаях они имели микроструктуру зернистого сорбита с твердостью 24–26 HRC – у оригинальной детали и с твердостью 32–34 HRC – у детали-аналога [8]. В сердцевине этих деталей наряду с сорбитом был обнаружен феррит (рис. 2 а, б). Повышенная твердость детали-аналога свидетельствует о пониженной температуре отпуска (500 – 550 °С), что приводит к некоторому повышению прочности, но к снижению пластичности стали 30ХГСА.

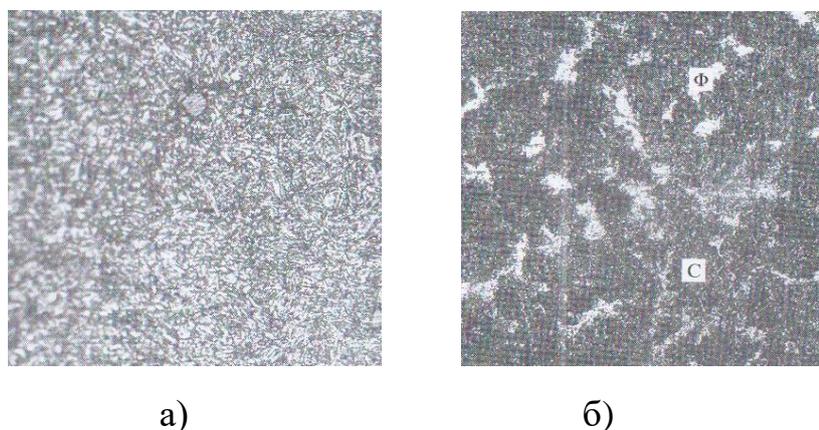


Рис. 2. Микроструктура: а) детали-аналога; б) детали-оригинала

Мелкозернистая сорбитная структура свидетельствует о хорошем качестве упрочняющей термической обработки, а наличие феррита говорит о неполной прокаливаемости стали при закалке. Глубина феррито-сорбитной области зависит от химического состава стали. Преимущество хромоникелевых сталей, из которых изготовлена деталь-оригинал, заключается в том, что они могут быть использованы в сечении до 100 мм, а сталь 30ХГСА детали-аналога – в сечении до 50 мм.

Проведено также исследование качества стали по наличию неметаллических включений (ГОСТ 1778). Оно позволило выявить наличие оксидных и нитридных включений в детали-аналоге, но в допустимых пределах, не выше

2–3 балла, а в детали-оригинале не выше 1 балла. Флокены в этих сталях обнаружены не были, хотя все рассматриваемые стали флокеночувствительны.

Все исследованные образцы сталей по наличию неметаллических включений и содержанию S и P соответствуют высококачественным.

При исследовании наплавленного слоя выявлены несоответствия по химическому составу. Для детали-аналога он соответствует марке типа 80X3Г3С2, а наплавленный слой детали-оригинала имеет состав, соответствующий марке 130X15НМЮ (наплавочный материал производства Германии).

Микроструктура наплавленного слоя в обеих исследуемых деталях литая в детали состоит из мартенсита и карбидной эвтектики по границе зерен [9]. Твердость наплавленного слоя детали-аналога составляет 8300 НV, а детали-оригинала – 11500 НV. Микроструктуры переходной зоны между наплавленным и основным слоем детали четкая. Отсутствует зона термического влияния. Это означает, что микроструктура основы в контакте с наплавленным слоем не претерпела изменений в связи с термическим влиянием и представляет собой зернистый сорбит (рис.1).

Обсуждение результатов исследований.

1. Установлено два механизма разрушения детали типа «боек»:

- Усталостно-хрупкий, когда разрушение происходит в области резкого перехода от бойка к валу.
- Хрупкий, когда вид излома – «скольчатый» и разрушение происходит в области наплавки по причине отслоения наплавленного слоя по границе раздела, что приводит к последующему катастрофическому разрушению основы детали.

2. Исследуемая деталь-аналог изготовлена из стали марки 30ХГСА. Оригинальная деталь могла быть изготовлена из поковки стали типа марки 30ХН2МА (ГОСТ 4543), либо из литой заготовки марки типа 27ХН2МФЛ (ГОСТ 21357).

3. Отличие в химическом составе, преимущественно за счет никеля (1,66%) и молибдена (0,23%), положительно отражается на прочности и ударной вязкости детали-оригинала. Замена оригинальных марок выполнена с понижением прочности примерно на 30%. Обычно замену делают с повышением прочности.

4. Судя по химическому составу и наличию неметаллических включений, все исследованные марки сталей соответствуют высококачественным сталям.

5. Деталь-аналог и оригинал подвергались однотипной термической обработке – термическому улучшению на сорбитную структуру.

6. При изготовлении детали-аналога в технологии термической обработки следует учесть, что охлаждение от температур высокого отпуска необходимо проводить в воде, либо в масле. Это связано с тем, что исследованные марки сталей склонны к отпускной хрупкости второго рода.

7. Наплавленный слой детали-аналога соответствует химическому составу примерно марке стали 80ХЗГЗС2, а детали-оригинала марки стали типа 130Х15НМЮ. Микроструктура наплавленных слоев обеих деталей соответствует закаленной литой стали. Наплавленный слой детали-оригинала имеет более высокую твердость 11500 HV, а значит износостойкость по сравнению с деталью-аналогом (8300 HV).

8. Зона термического влияния между наплавленным слоем и основой в исследованных деталях не выявлена. Это свидетельствует о том, что перегрев в поверхностных слоях основы деталей отсутствовал.

Выводы и рекомендации:

1. Разрушение детали-аналога типа «боек» по хрупкому механизму в области наплавленного слоя может происходить по нескольким причинам:

- Вследствие наличия высоких напряжений в наплавленном слое. Устраняется введением операции «отжига для снятия напряжений» после наплавки (температура отжига должна быть не выше 600°C);
- Из-за высокой глубины наплавленного слоя; Устраняется оптимальным подбором глубины наплавленного слоя;
- По причине высокой хрупкости наплавленного слоя;
- Устраняется подбором материала электродов.

2. Следует отказаться от использования стали 30ХГСА и использовать при производстве бойка паковку из хромоникелевой стали 30ХН2МА (ГОСТ 4543), либо литую заготовку из стали 27ХН2МФЛ (ГОСТ 21357). Эти стали наиболее приближены по химическому составу и свойствам к детали-оригиналу, их прокаливаемость не ограничена. Заготовка предпочтительна литая.

3. Рекомендуется скорректировать режим упрочняющей термообработки:

- следить за интервалом закалочных температур, перегрев недопустим;
- закалку хромоникелевых сталей можно проводить в масле;
- охлаждение от температур отпуска обязательно проводить в воде либо в масле.

4. Необходимо проанализировать условия эксплуатации детали. Причиной разрушения может быть значительная перегрузка детали, в частности связанная с ударами.

Список литературы

1. Короткова Л.П., Шатько Д.Б., Дубинкин Д.М. Контроль качества материалов (в машиностроительном производстве). – ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева». – Кемерово, 2011. – 171 с.
2. А.Н. Коротков, Л.П. Короткова, Д.В. Видин, С.В.Лацинина, О.В. Фролова. Контроль качества конструкционных сталей при производстве

горно-шахтного оборудования в условиях машиностроительных предприятий Кузбасса \ Вестник КузГТУ. 2016. №1. – 119-127 с.

3. Вегст М. Ключ к сталям / под ред. Э.Ю. Колпишона – СПб. Профессия, 2006. – 724 с.

4. Гольдштейн М. И. Специальные стали : учеб. для вузов / М. И. Гольдштейн, С. В. Грачев, Ю. Г. Векслер. – М. : Metallurgia, 1985. – 408 с.

5. Металлы и сплавы. Справочник. / под ред. Ю. П. Солнцева. – С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», АНО НПО «Мир и Семья», 2003. – 1066 с.

6. Зубченко А. С. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.

7. Новиков И. И. Теория термической обработки металлов : учеб. для вузов. – М.: Metallurgia, 1986. – 480 с.

8. Франценюк И. В. Альбом микроструктур чугуна, стали, цветных металлов и их сплавов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 192 с.

9. Короткова Л.П. Контроль качества инструментальных материалов: учебное пособие / Л.П.Короткова, Д.Б.Шатько; ГОУ ВПО «Кузбасский государственный университет им. Т.Ф.Горбачева». – Кемерово, 2010. – 164 с.