

Технические науки

Ерубает Еркебулан

магистрант

Карагандинского государственного технического университета

ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ И СТРУКТУР КРАНОВЫХ КОЛЕС С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЮ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

***Аннотация.** Дано понятие о крановых колесах, и их виды и технология изготовления крановых колес из стали 65Г. Показана механическая обработка крановых колес на токарном станке. Проведено термическая обработка крановых колес для повышения механических свойств, т.е. твердости. С помощью эффективной термической обработки получить необходимые свойства и структур крановых колес, чтобы привести к увеличению срока службы при эксплуатации крановых колес.*

***Ключевые слова:** Крановое колесо, долговечность, термическая обработка.*

Типы, область применения и характеристики крановых колес

Крановые колеса являются неотъемлемой частью козловых, мостовых, грейферных и башенных кранов. Крановые колеса - ходовые части, которые перемещаются по рельсам на тележке или самостоятельно. Они классифицируются по количеству реборд, размерам ступицы, а также по форме обода. Таким образом, выделяем:

- безребордные - установлены мостовых кранах;
- одnoreбордные - в основном используется для перемещения гладкого башенного, мостового, консольного или козлового крана, а также на грузовых тележках и для мостового крана;

- двухребордные - используются в различных типах кранов. В связи со значительной прочностью и надежностью сцепления с поверхностью наиболее популярны двужилые крановые колеса (имеющие

две направляющие). В настоящее время, как правило, уже штампованные заготовки используются для изготовления крановых колес.

Типичная форма и размеры таких заготовок лучше всего подходят для изготовления наиболее востребованных размеров крановых колес. В этом случае объем промышленных отходов является наиболее минимальным, а возможность быстрой переработки снижает временные затраты. С учетом особых требований заказчика, индивидуальных требований к форме или конструкции колеса крана применяется метод изготовления из литых заготовок или поковок.

По своему назначению существуют крановые колеса:

- ведущий (ведущий);
- ведомый (не ведомый).

По форме поверхности они делятся на:

- коническая;
- цилиндрический;
- бочкообразный.

В настоящее время существует довольно большой выбор вариантов изготовления крановых колес. Это:

- литье с последующей термической и механической обработкой;
- ковка;
- катание.

Все это позволяет выбрать вариант, который наилучшим образом подойдет для конкретных условий работы и имеет максимальный срок службы в конкретных ситуациях. Из всех элементов крана колеса крана подвержены наибольшему износу и, следовательно, их необходимо заменять чаще. Сегодня многие производители предлагают покупателям не только стандартные крановые колеса, но и нестандартные варианты, выполненные по личным чертежам. В то же время такая продукция полностью соответствует всем установленным стандартам ГОСТ, поскольку

техническое задание обязательно решается с учетом всех возможных факторов.

В странах СНГ колеса изготавливаются из штампованных заготовок 65Г, стальных поковок 45, 50, 75 и 65Г, стального проката 75 и 65Г и отливок из стали 55 и 35ГЛ.

Механическая обработка мостовых крановых колес

Основной операцией при механической обработке ходовых колес кранов и тележек является токарно-карусельная обработка. Его трудоемкость во многом определяется размером припуска на обработку, который зависит от типа заготовки. Наименьшие припуски - это катаные и штампованные заготовки.

При изготовлении кранового колеса (рисунок 1) выполняются следующие операции: предварительная обработка отверстий и концов ступицы, концов обода, фланцев и поверхностей качения в двух установках на токарно-карусельном токарном станке:

- термическая обработка (сорбитизация);
- чистовая обработка колес по кругу катания и ребордам, обработка кромок реборды, чистовая расточка отверстия ступицы;
- получение шпоночного паза в ступице на протяжном или долбежном станках (последнее — при мелкосерийном производстве и ремонте).

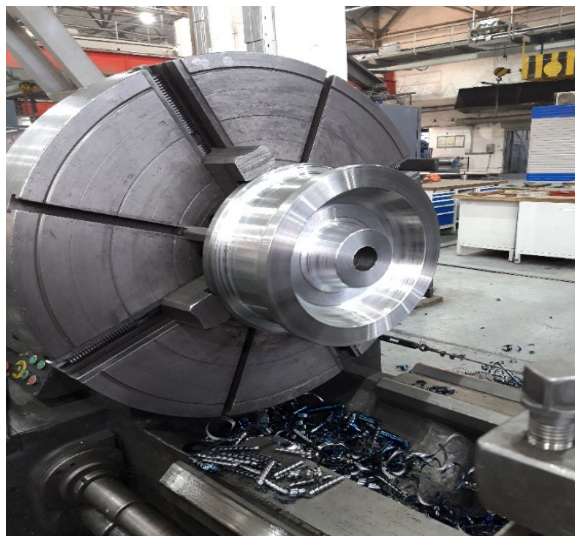


Рис. 1. Токарная обработка крановых колес на станке

На линии механической обработки и на участке сборки ходовых колес кранов при поточном производстве (рис. 2) металлорежущие станки 3, 5, 7 и 5, а также пресс 9 расположены в строгой технологической последовательности выполнения операции.

Заготовки транспортируются к станкам грузовой тележкой 4 по подвесному пути 6. Металлическая стружка транспортируется конвейером 2 к стружки дробильной установке 1. Рассмотренная схема может служить примером комплексной механизации основных и вспомогательных процессов на отдельном участке цеха.

Обязательной операцией при изготовлении ходовых колес является их термическая обработка.

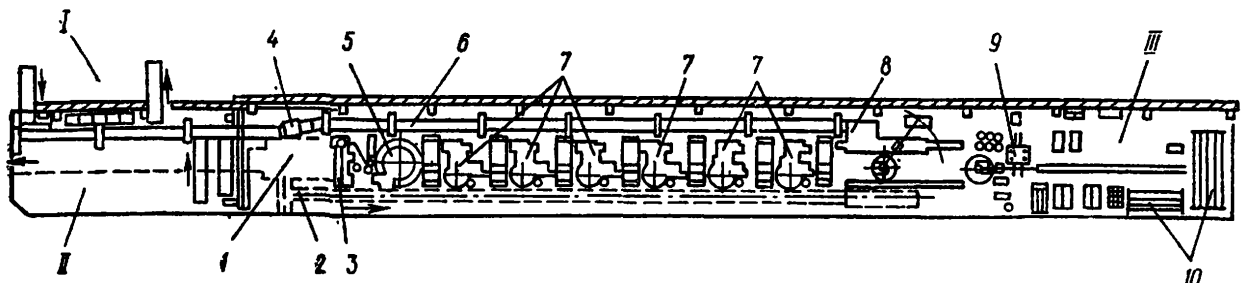


Рис. 2. Технологическая линия обработки и сборки ходовых колес кранов:

I - участок термической обработки колес; II - площадка для складирования колес; III - участок узловой сборки колес; 1 - установка для дробления стружки; 2 - конвейер; 3 - станок токарный; 4 - грузовая тележка; 5 - токарный шестишпиндельный полуавтомат; 6 - подвесной путь; 7 - станки карусельные; 8 - станок горизонтальный протяжной; 9 - пресс усилием 200 тс; 10 - стеллажи для собранных колес

Исходный химический состав стали

Что касается категории экономический легированных, сталь 65Г является относительно дешевой, что обуславливает ее широкое и эффективное использование. Среди его основных компонентов:

1. углерод (в пределах 0,62 ... 0,70%);
2. марганец (в пределах 0,9 ... 1,2%);
3. хром и никель (до 0,25 ... 0,30%).

Все остальные компоненты - медь, фосфор, сера и т. д. - относятся к примесям и допускаются по химическому составу этого материала в количествах, ограниченных государственным стандартом.

Оптимальные технологические процессы термической обработки

Выбор режима термообработки диктуется производственными требованиями. В большинстве случаев для придания правильных физико-механических характеристик используют:

- нормализация;
- закалка с последующим отпуском.

Температурно-временные параметры термообработки и выбор ее типа зависят от исходной структуры стали. Этот материал относится к стали доэвтектоидного типа, поэтому его состав при температурах выше самой низкой точки аустенитного превращения - 723 °С - при 30-50 °С содержит аустенит в виде твердой механической смеси с небольшим количеством феррита. Поскольку аустенит является более твердым структурным компонентом, чем феррит, диапазон температур закалки для стали 65Г будет значительно ниже, чем для конструкционных сталей с более низким процентным содержанием углерода. Таким образом, температурный интервал упрочнения стали этой марки должен быть в пределах не более 800-83С. Приблизительно такой же температурный диапазон используется для проведения нормализации - технологической операции термообработки, которая используется для корректировки структуры материала изделия, для

снятия внутренних напряжений и при последующей обработке полуфабриката - и для улучшить его работоспособность.

При достаточной твердости (например, после нормализации поверхности она должна составлять не менее 285 НВ) и прочности на растяжение (не менее 750 МПа), сталь 65Г обладает достаточно высокой ударной вязкостью для своего класса - 3,0...3,5 кг·м/см². Это позволяет использовать материал для изготовления критически важных деталей подъемно-транспортного оборудования (в частности, ходовых колес мостовых кранов, роликов), а также пружинных шайб и пружин неответственного назначения. Следует отметить, что детали крановых колес из стали 65Г не свариваются.

Режимы закалки стали 65Г

Для того чтобы соответствовать тем характеристикам, которые указаны в спецификациях на работу деталей, при выборе режима закалки учитываются следующие компоненты:

- 1) способ и оборудование для нагрева продуктов до необходимой температуры;
- 2) установление желаемого диапазона температур отпуска;
- 3) выбор оптимального времени выдержки при заданной температуре;
- 4) выбор типа закалочной среды;
- 5) технология охлаждения деталей после закалки.

Интенсивность нагрева определяет качество конструкции. Для низколегированных сталей процесс осуществляется достаточно быстро, поскольку он сводит к минимуму риск обезуглероживания материала и, как следствие, потерю его прочностных параметров деталью. Однако слишком быстрый нагрев вызывает другие проблемы. В частности, для крупных деталей, с большими различиями в поперечном сечений, это может вызвать

неравномерный нагрев металла с перспективой дальнейшего затвердевания трещин, сколов углов и кромок.

Для достижения максимальной степени равномерности нагрева сталь сначала нагревают в предварительных камерах термических печей до температур, несколько ниже, чем у закалочных печей - от 550 до 700 °С, и только затем деталь отправляется напрямую к закалочной печи. Наиболее быстрый нагрев происходит в расплавленной соли, медленнее в газовых печах и еще медленнее в электрических печах. Именно поэтому поверхностное упрочнение изделий из стали 65Г в индукционных печах проводится довольно редко. Индуктор в качестве закалочной единицы используется только для изделий с небольшим поперечным сечением. При выборе типа нагревательного устройства также важен состав создаваемой в нем атмосферы. В частности, в газовых термальных печах они пытаются уменьшить продолжительность детали в печи всеми возможными способами, потому что в противном случае часть поверхностного слоя углерода сгорит.

Исходя из температуры закалки, стандартизированной для стали 65Г, при 800-820 °С, предельное значение обезуглероженного слоя не должно превышать 50-60 мкм.

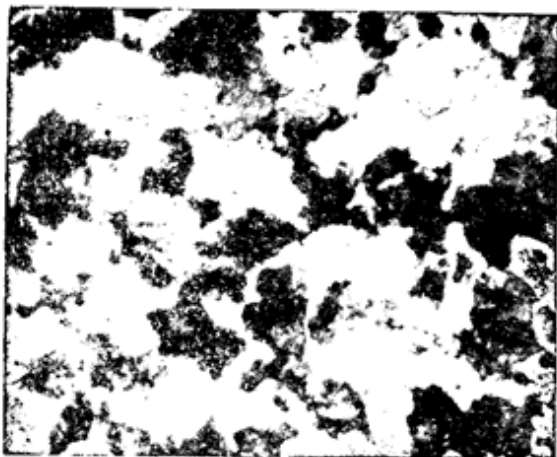
Сталь 65Г не боится перегрева, однако при закалке по верхнему значению температурного диапазона ударная вязкость материала начинает снижаться, что сопровождается ростом зерен в микроструктуре.

Чтобы уменьшить искажение деталей с тонкими рёбрами и перемычками, они используют нагрев в ваннах для соляной закалки. Расплав хлорида натрия используется чаще, а бура или ферросилиций добавляются для раскисления рабочего объема ванны для раскисления.

Выдержка во время закалки изделий из стали 65Г в заданном температурном интервале происходит до тех пор, пока не произойдет полное превращение перлита. Этот процесс зависит от размера поперечного сечения детали и способа нагрева.

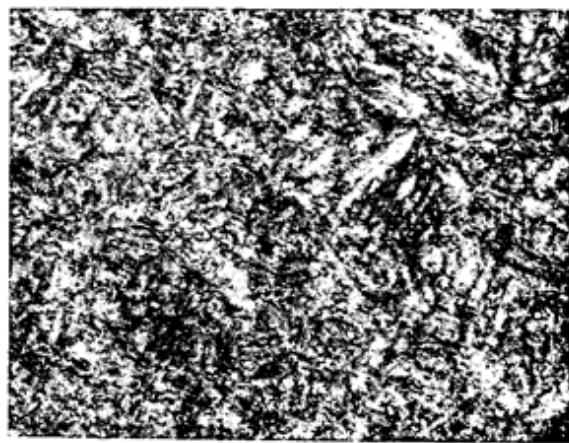
Технология последующего отпуска

Как уже упоминалось, для получения структуры сорбита изделия из стали 65Г подвергают только высокотемпературному отпуску при температуре 550-600 °С, с охлаждением на спокойном воздухе. Для особо важных деталей иногда проводят низкий отпуск. Диапазон его температур составляет 160-200 °С, после чего следует медленное охлаждение на воздухе. Эта технология позволяет избежать накопления термических напряжений в продукте и увеличивает его долговечность. Для отпуска можно использовать не только огненные, но и электрические печи, оснащенные устройствами для принудительной циркуляции воздуха. Время выдержки продуктов в таких печах составляет от 110 до 160 минут (увеличенные стандарты времени соответствуют деталям сложной конфигурации и значительным поперечным сечениям).



а)

а) микроструктура до термообработки в виде феррит+перлит



б)

б) микроструктура после отпуска в виде сорбита

Не рекомендуется использовать воду и водные растворы солей в качестве рабочих сред при закалке стали 65Г. Ускорение процесса охлаждения, вызванного водой, часто сопровождается неравномерным прокаливанием.

Окончательный контроль качества закалки заключается в оценке макро- и микроструктуры металла, а также в определении окончательной твердости продукта. Твердость поверхности изделий из стали 65Г должна быть в пределах 35-40 HRC после нормализации, а 40-45 HRC - после закалки с высоким отпуском.

Основные выводы, которые были сделаны в процессе исследования, следующие:

1. Результаты наблюдений за износом колес ходовой части в условиях эксплуатации, сравнение гипсовых отпечатков, снятых с рабочих частей ободов в разные периоды эксплуатации колес, а также результаты лабораторных исследований изношенных колес и их износостойкость позволяет сделать вывод о том, что основной причиной износа для подавляющего большинства колес ходовой части является истирание, сопровождающееся пластическими деформациями поверхностных слоев рабочих частей ободов колес;

2. Характер движения ходовых колес на рельсах крана и направление деформаций в поверхностных слоях ходовых ободков дают основание считать основным типом износа - износ от трения скольжения, возникающий при поперечном и продольном проскальзываниях колес. В то же время поперечное проскальзывание ведущих колес играет более значительную роль;

3. Ввиду того, что износ реборд и поверхностей качения движущихся колес происходит в результате трения скольжения, целесообразно произвести дополнительный расчет износа наряду с расчетом ходовых колес по формуле Герцу-Беляеву. Для практики особенно важно рассчитать реборд ходовых колёс для истирания, так как износ реборд является наиболее частым видом износа. Чтобы получить такую формулу, необходимо провести обширные испытания на износ сталей, используемых

для изготовления ходовых колес, на специальной машине трения, которая воспроизводит работу двухребордных колёс на подкрановом рельсе;

4. На основании металлографических исследований колес ходовой части, которые эксплуатировались в течение различных периодов времени и имеют разные типы и степень износа, можно сделать вывод, что для изготовления следует использовать сталь с химическим составом, близким к эвтектоидному, с равновесной кристаллической решеткой. колеса мостовых кранов. Микроструктура рабочих поверхностей колес должна быть мелкого перлита, в идеале - сорбита (мелкодисперсного типа перлита);

5. Повышение твёрдости рабочей части обода посредством термической обработки (закалки) целесообразно производить до 300 ... 360 ГБ для поверхности качения ходовых колес и до 350 ... 400 ГБ для реборд. Дальнейшее увеличение твердости допустимо только в случае увеличения твердости головок подкрановых рельсов.

(Ю.К. Ионов «Механизм изнашивания ходовых колёс мостовых кранов», Днепропетровск, 1953 г.)

Результаты последующих исследований развивают и уточняют результаты, а именно:

1. При движении колес с коническим ободом мостовых кранов с механизмом центрального перемещения, бег по одной стороне крана относительно другой приводит к тому, что отстающий ходовой ролик катится по большому диаметру и автоматически уменьшает перекося. Ожидалось, что это решение значительно увеличит срок службы конических колес по сравнению с цилиндрическими. К сожалению, из-за высоких контактных напряжений коническая поверхность быстро изнашивается, и в работу включаются реборды, похожие на цилиндрические колеса. Таким образом, практика показала, что колеса с коническим ободом имеют меньший срок службы, чем колеса с цилиндрическим ободом;

2. Считается, что основной причиной повышенного износа колес кранов с отдельным механизмом движения является непараллельность осей крановых рельсов. К сожалению, даже идеальная установка рельсов не устранит дисбаланс мостового крана во время движения. Это происходит из-за несоответствия между характеристиками приводных двигателей и преимущественно смещенным положением транспортируемой нагрузки. Смещение груза от центра крана увеличивает нагрузку на соответствующий двигатель, и это снижает его скорость вращения. Вращение левого и правого двигателей с разными углами скорости приводят к стремительному движению одной стороны крана относительно другой. При перемещении крана с уклоном фланцы колес ходовых колес постоянно трутся о рельсы. Это приводит к интенсивному износу реборд и боковых поверхностей рельсов. Таким образом, правильное упрочнение рабочей части колеса, включая реборды, является чрезвычайно важным.

(Щеглов О.М., Сагиров Ю.Г., Суглобов Р.В. «К вопросу повышения долговечности ходовых колес мостовых кранов», Мариуполь, 2010);

3. Проведенные исследования показали, что стальные заготовки по ГОСТ 14959-79 (Прокат из пружинно-пружинной углеродистой и легированной стали), ГОСТ 8479-70 (Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали), ТУ 14-1-2118-98 (Прокат горячекатаного сортового проката в профилях 250 мм и более из конструкционной углеродистой и легированной стали) является предпочтительным материалом для изготовления ходовых колес мостовых кранов. Такой материал обладает стабильными механическими характеристиками и износостойкостью, позволяет получить стабильный и предсказуемый результат при проведении термообработки. Другими словами, проведенные испытания показали, что колеса, изготовленные из стальных поковок, штамповки или горячекатаных колес из стали марок 45, 40Х, 65Г по своим эксплуатационным характеристикам, износостойкости и

долговечности во много раз превосходят колеса из литые заготовки. Поскольку кованные или штампованные заготовки обеспечивают более высокую надежность конструкции колеса (меньше подвержены растрескиванию и внезапному разрушению во время производства и эксплуатации), а также более чем в два раза снижают износ материала взлетно-посадочной полосы крана (рельса);

4. Качество термической обработки колес при отпуске оценивается по степени устойчивости их механических свойств, возникающих в результате. Оценка стандартизированного индекса твердости должна постоянно контролироваться, поскольку неконтролируемый процесс науглероживания и обезуглероживания стали вреден, поскольку приводит к широкому изменению механических свойств на разных уровнях поверхности колеса, что является одной из серьезных причин неравномерный износ колес;

5. В качестве мер по повышению качества упрочнения крановых колес можно рекомендовать следующее: устранение непосредственного контакта колеса крана с пламенем газовой горелки в нагревательной печи; предпочтительно с использованием электропечей шахтного типа; специальный припуск на поверхность колеса крана для термообработки, который необходимо удалить после закалки; Желательно принять размер припуска не менее 1 мм.

(В.А. Цыбульский, А.А. Концевич, Е.А. Тимченко, «Повышение долговечности колес мостовых кранов при техническом обслуживании и ремонте», Харьков, 2013)

Литература

1. Фещенко В.Н., Махмутов Р.Х. Токарная обработка. 2012
2. Буйносов, А.П. Методы повышения долговечности крановых колес: моногр. 2010.

3. Эффективный способ поверхностного упрочнения крановых колес / П.П. Иванов, Э.Х. Исакаев, В.И. Изотов [и др.] // Сталь. 2012.
4. Плазменное поверхностное упрочнение гребней колесных пар / С. В. Петров, А. Г. Сааков, Т. Г. Таранова [и др.] // Автоматическая сварка. 2013.
5. Вагановский А.Е. Поверхностное упрочнение рельсов / А.Е. Балановский // Путь и путевое хозяйство. 2013.
6. Петров, СВ. Плазменное упрочнение колес и рельсов / СВ. Петров // Сварщик. 2014.
7. Федоров М.В. Анализ влияния плазменного упрочнения ходовых колес на долговечность в системе колесо-рельс / М.В. Федоров, С.А. Зайдес, А.Е. Неживляк // Упрочняющие технологии и покрытия. 2013.
8. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы / М. А. Тылкин. М.: Металлургия. 2011.