

УДК 679.18:536.7-531.3.07

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ РАБОТЫ ПОМОЛЬНЫХ ШАРОВ ИЗ СТАЛИ ЭВТЕКТОИДНОГО СОСТАВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Заец В.Н., аспирант

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко)

Обозначены причины быстрого изнашивания шаров и очерчены дальнейшие перспективы развития по оценке качества

Перспективы повышения эффективности машиностроительной и металлургической отраслей требуют дальнейшего повышения качества металла и разработки новых материалов для мелющих тел.

Различные подходы к решению проблемы повышения долговечности шаров для шаровых мельниц, как на начальной стадии производства, так и в процессе эксплуатации, нашли обобщения в работах [1-3].

Шаровые мельницы применяются в самых разнообразных отраслях современной промышленности: на горнорудных, цементных, угольных, строительных предприятиях. Процесс производства катанных шаров для мельниц регламентируется в ГОСТ 3499-97. Однако зачастую не удаётся достигнуть оптимального уровня долговечности, в связи с неоднородностью структуры металла и не равномерностью износа по площади поверхности изделия.

Цель работы: Оценить условия работы помольных шаров из стали эвтектоидного состава при использовании в шаровых мельницах и наличие дефектов металлургического происхождения в их металле.

Принцип действия шаровых мельниц состоит, в измельчении материала ударным воздействием и частично истиранием свободно падающих мелющих тел во вращающемся барабане.

В зависимости от скорости вращения барабана мельницы различают два основных режима работы мелющих тел: при малой скорости – каскадный (рис. 1 а), при большой – водопадный (рис. 1 б). При каскадном режиме мелющие тела перекатываются и материал измельчается под действием раздавливающих и истирающих усилий - происходит абразивный износ. А при водопадном режиме работы шары в результате трения о внутреннюю поверхность корпуса поднимаются вместе с ним, а затем падают вниз, где и происходит измельчение материала под действием ударных усилий, то есть вид износа сменяется на ударно-абразивный. Во время вращения мельницы наблюдаются оба режима работы дробящей загрузки, так как часть шаров работает в каскадном, а часть в водопадном режиме.

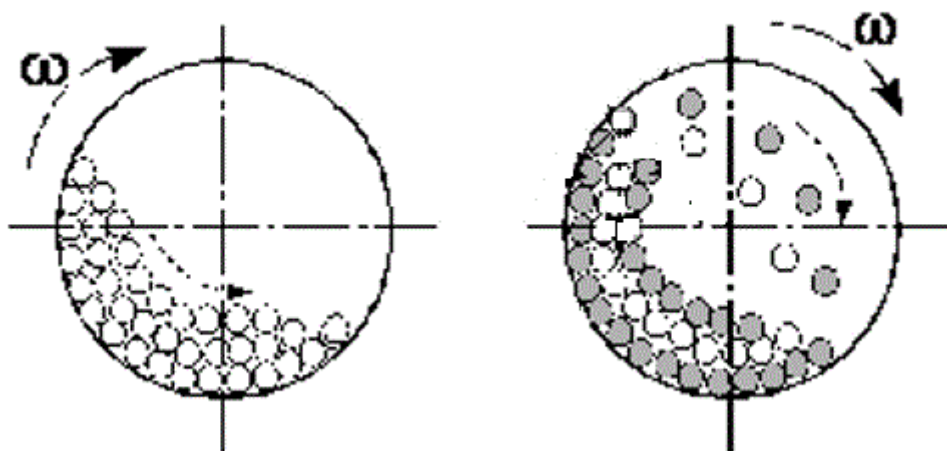


Рисунок 1 - Режимы движения шаров, каскадный – (а) и (б)- водопадный.

Шаровые мельницы классифицируют по следующим основным признакам: по конструкции барабана и наличию перегородок, по принципу работы, по роду футеровки, характеру мелющих тел и по конструкции привода. Мельницы работают в открытом или замкнутом цикле при условии непрерывного действия. В них размалывают материал, как сухим, так и мокрым способом.

К достоинствам шаровых мельниц относят: возможность получения высокой и постоянной тонкости помола и её регулирования, возможность подсушки материала в самой мельнице, простоту конструкции, надежность в эксплуатации и возможность измельчения пород различной твердости.

К недостаткам следует отнести: значительный расход энергии, большой вес и размеры, большой пусковой момент и сильный шум во время работы.

Вследствие контакта с измельчаемым материалом, шары сильно изнашиваются. Сложные условия эксплуатации обуславливают формирование следующих дефектов: развитие макро- и микротрещин (рис. 2 а), расслаивание (рис. 2 б), раскалывание, дробление, изнашивание и усталостное разрушение.

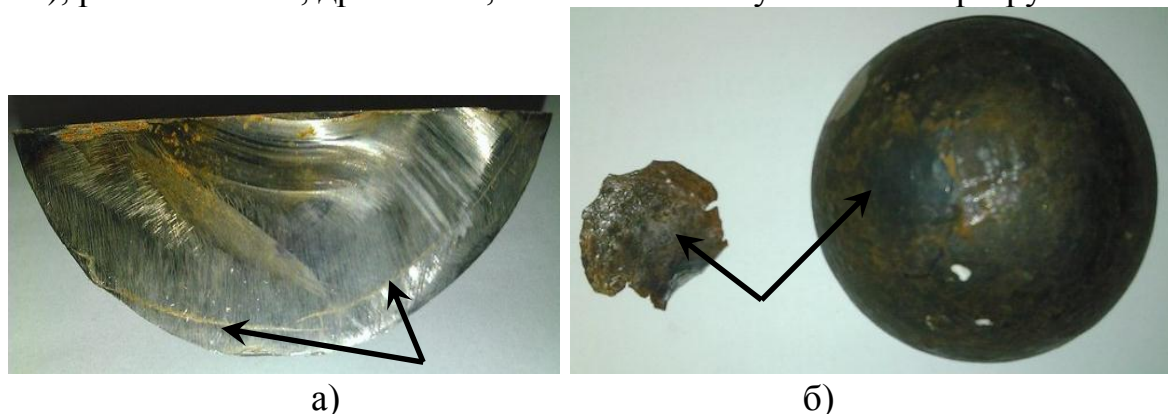


Рисунок 2 – Трещины (а) и расслоение стальных шаров (б)

Также, причинами повышенного износа является высокий уровень напряжено-деформированного состояния после изготовления. В случае эксплуатации шаров при мокром помоле, скорость изнашивания увеличивается, и интенсивно проявляется ударно-абразивно-коррозионный износ – материал находится в коррозионной среде.

Одними из основных являются дефекты металлургического происхождения, а именно, каверны, трещины, пустоты и надрывы. Причины образования дефектов – усадка, наличие пор и газовых пузырей (рис 3 а, б). К дефектам, существенно снижающими эксплуатационные свойства металла относятся и скопления неметаллических включений (рис 3 в).

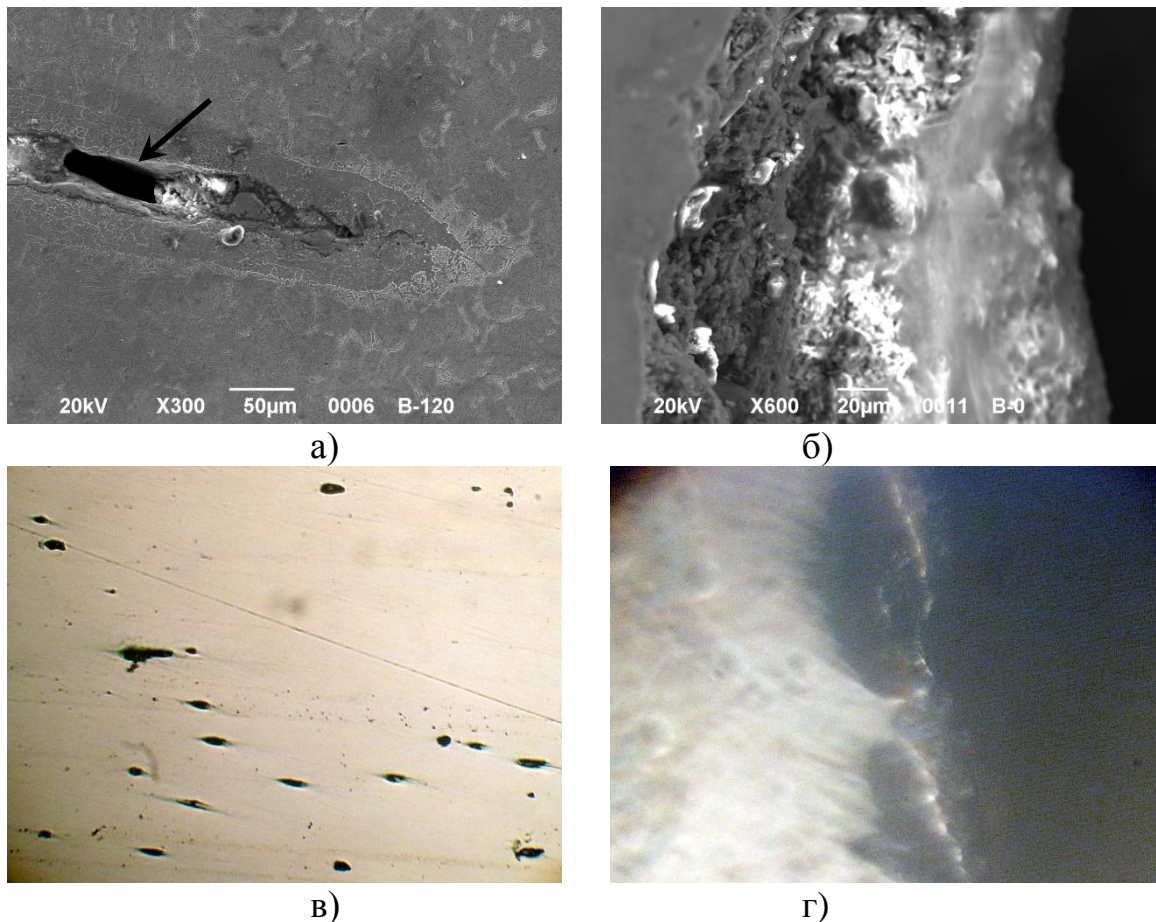


Рисунок 3 - Микроструктура трещины (а), край усадочной раковины (б, г) неметаллические включения (в): в $\times 100$, г $\times 1000$.

Роль неметаллических включений в процессах кристаллизации, пластической деформации, разрушения сказывается и на уровне механических свойств материала, его эксплуатации. Уровень свойств зависит от морфологии и ориентации включений в изделии (вдоль и поперек проката). При совпадении ориентировки включения с траекторией развивающейся трещины ее развитие ускоряется, или есть включения, которые служат термокомпенсатором напряжения и препятствует развитию трещин, тогда выносливость материала возрастает [6, 7].

Была предложена методика автоматизированного подсчета количества неметаллических включений от их размера [8], также включения были оценены по морфологии и оценено их влияние на магнитный параметр неразрушающего контроля - коэрцитивную силу [9].

Нами было проведено моделирование влияния процесса закалки в воду на формирование напряжений второго рода с учетом микроструктуры зерен мартенсита и карбидных включений методом конечных элементов (рис. 4). Установлено (рис. 4б), что поля напряжений и деформаций вокруг включений 1 и 2, различной формы уменьшаются в момент начала фазовых превращений. Максимальный уровень остаточных напряжений на локальных участках вблизи включений после охлаждения достигает 828 МПа, что для реальных условий обработки будет способствовать формированию зон пластической деформации с микротрещинами. Такие дефекты существенно влияют на долговечность изделий.

Выявлено, что при закалке, максимальные напряжения возникают у границ включений. При дальнейшем охлаждении уровень напряжений смещается от границ включений к зернам металла вокруг включений и на границах, создавая деформацию.

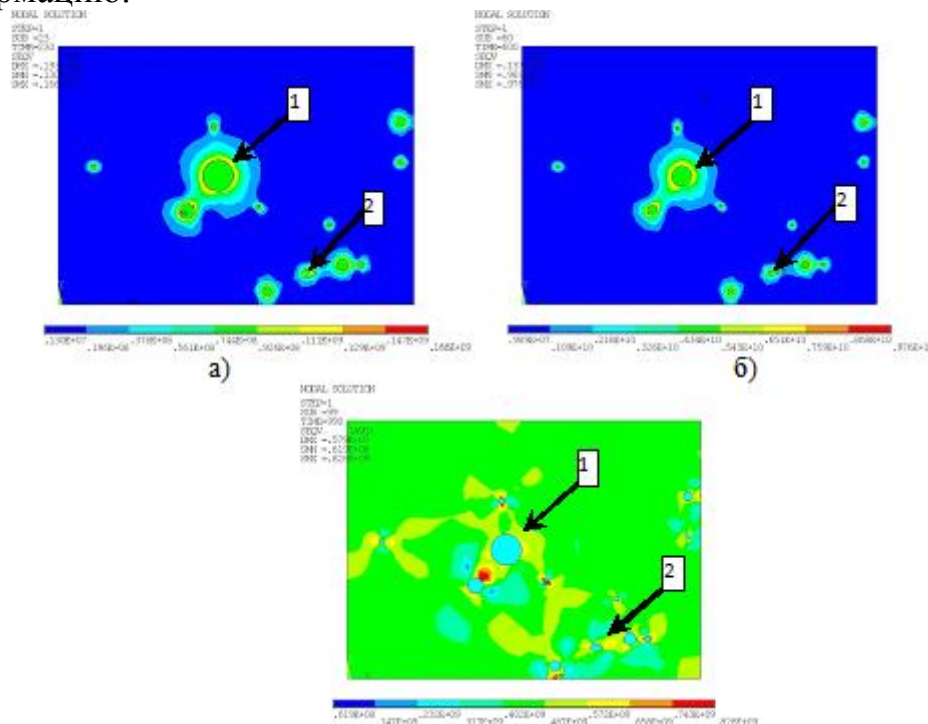


Рисунок 4 – Уровень напряжений по Мизесу исследованного участка микроструктуры стали эвтектоидного состава: (а) – после 230 с охлаждения, где температура ($T_{\text{охл}}$) составляет 650°C , (б) после 600 с ($T_{\text{охл}} = 350^{\circ}\text{C}$) и (в) – остаточные напряжения после обработки ($T_{\text{охл}} = 20^{\circ}\text{C}$)

Выводы. Выполнена оценка условий работы помольных шаров из стали эвтектоидного состава при использовании в шаровых мельницах. Установлено, что существующий уровень производства не позволяет достигнуть оптимального уровня долговечности шаров. Это связано со сложностью

проведения анализов без разрушения изделий – поэтому контролируются только несколько деталей из партии, что не дает возможности предотвратить наличие бракованной продукции. В результате в эксплуатацию попадают детали с дефектами. Рекомендуется проводить оценка неразрушающим магнитным методом по специально разработанной методике.

Список литературы:

1. Горбачев Л.А., Русин Ю.Г., Кабышева А.Р. Повышение эксплуатационных свойств помольных шаров из сплава ИЧХ15Г4НТ.: Материалы VI Международная интернет-конференция «Альянс наук: Ученый - ученому» (25-26 февраля 2011г.)
2. Вестник ПДТУ. Вып. №17 2007г. / Ткаченко Ф.К., Ефременко В.Г., Ткаченко К. И., Ефременко А.В./ Особенности самоотпуска закаленных шаров в условиях шаропрокатного производства ОАО «МК Азовсталь» С. 97-101
3. Кузьмин С. О. Влияние режима термоупрочнения на объёмную износостойкость мелющих шаров из низколегированной стали / С.О. Кузьмин //Вестник Приазовского государственного технического университета. – ПДТУ: Мариуполь, 2012.-№22. – С. 215-218.
4. Байсоголов В.Г. Механическое и транспортное оборудование заводов огнеупорной промышленности. М.: Металлургия, 1984. 294с.
5. Ильевич А.П. Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров. М.: Машиностроение, 1968. 355с.
6. Скобло Т.С./ Прокатные валки из высокоуглеродистых сплавов./Т.С. Скобло, Н.М. Воронцов, С.М. Рудюк, Н.А. Будагьянц, В.А. Воронина. М.: «Металлургия», 1994г. – 336с.
7. Скобло Т.С., Власовец В.М., Ефременко В.Г., Заец В.Н. Оценка возможности неразрушающего метода контроля отпуска мелющих шаров из стали 75 по коэрцитивной силы. Вестник ХНТУСХ им. П. Василенка Вып № 146, 2014г – 273с
8. Вестник ХНТУСХ. Вып № 151 2014г. / Власовец В.М., Ефременко В. Г., Заец В. Н. / Разработка методики автоматизированного подсчета количества неметаллических включений в стали при оценке качества изделий. С. 266-274.
9. Сидашенко А. И., Власовец В.М., Заец В.Н./Оценка неметаллических включений в стали эвтектоидного состава/ Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Белорусского государственного аграрного технического университета и памяти первого ректора БИМСХ (БГАТУ), д.т.н., проф. В.П.Суслова: «Современные проблемы освоения новой техник, технологий, организации технического сервиса в АПК » Минск, 4-6 июня 2014г в 2ч. – Минск: БГАТУ, 2014г. – С.361-368.

Анотація

Оцінка умов роботи помольних куль зі сталі евтектоїдного складу при використанні в кульових млинах

Заєць В.М., аспірант

Окреслені причини швидкого зношування куль та окреслено подальші перспективи розвитку з оцінки якості.

Abstract

Assessment of the working conditions of grinding balls of steel eutectoid composition for use in ball mills

V. Zaiets, a graduate student

Marked causes rapid wear of balls and outlined further prospects of quality assessment.