

Вероятность возрастания пористости в исследованном диапазоне изменения технологических параметров, падает с увеличением скорости затвердевания и возрастает с увеличением температуры заливки и температуры облицовки. Получено удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных по образованию пористости в отливках.

Представленный анализ состояния вопроса охватывает только некоторые аспекты технологического процесса изготовления заготовок гильз цилиндров в облицованный кокиль и позволяет установить правильность конструктивных и технологических параметров без необходимости изготовления литейной оснастки и контроля опытных партий отливок. В связи с постоянным совершенствованием существующей технологии, разработкой принципиально новых способов изготовления заготовок гильз цилиндров расчет оптимальных технологических параметров с помощью специализированных программ моделирования литейных процессов позволяет получить значительную экономию времени и материальных ресурсов на стадии проектирования и начальной проработки технологических решений.

УДК 621.74:669.13

### **Перспективные направления совершенствования технологии изготовления мелющих тел**

Студент гр.104315 Каленкович Д.Н., студент гр. 104316 Чубрик Е.С.  
Научный руководитель – Крутилин А.Н.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск.

Целью настоящей работы является анализ существующих проблем в производстве мелющих тел и выбор перспективных направлений совершенствования технологических процессов их изготовления.

Перспективы экономического развития Республики Беларусь в ближайшие десятилетия неразрывно связаны с развитием строительной индустрии и в первую очередь строительных материалов. В цементной промышленности, прежде чем попасть в сферу использования, материалы измельчают в дробилках, трубных многокамерных шаровых мельницах и т.д. Для измельчения используют мелющие шары и цилиндромы - цилиндры диаметром 16 - 30 мм, длиной 30 - 40 мм, торцы которых имеют эллипсоидную форму.

На производительность оборудования большое влияние оказывает качество мелющих тел. Износ мелющих тел происходит в результате истирания при скольжении мелющих тел в абразивной среде и вследствие соударения тел между собой и броньфутеровкой в присутствии абразивного измельчаемого материала.

В механизме абразивного и ударно-абразивного изнашивания много общего. Износостойкость материалов определяется не только структурой в исходном состоянии, но и ее трансформацией в процессе изнашивания. Поверхностные слои металла претерпевают изменения, следствием которых является образование вторичных структур обладающих аномалией физических, химических и механических свойств.

Закономерности изнашивания железоуглеродистых сплавов определяются их гетерогенным строением, сочетанием разнородных фаз и структурных составляющих, резко отличающихся по способности к пластической деформации и характеру разрушения. Для успешной эксплуатации деталей, работающих в условиях трения и износа необходимо обеспечить первичную структуру мало или почти не изменяющуюся в процессе работы, либо обеспечить дополнительное упрочнение поверхностных слоев за счет пластической деформации микрообъемов металла и изменений в направлении формирования прочных и пластичных вторичных структур, обеспечивающих сопротивление изнашиванию.

Для большинства случаев абразивного износа максимальной износостойкостью обладают сплавы со структурой мартенсита и небольшим количеством (до 5 %) остаточного аустенита. Высокая износостойкость аустенита обеспечивается протеканием фазового (превращения в поверхностном слое металла с одновременным образованием микрообъемов с высокой плотностью дислокаций).

В настоящее время в Беларуси для измельчения различных материалов используют мелющие шары диаметром от 40 до 120 мм, изготовленные из углеродистых сталей поперечно-винтовой прокаткой на шаропрокатных станах. Для их изготовления используют отсортированные заготовки, которые использовать для других целей не представляется возможным. Основной недостаток катаных шаров - низкая объемная твердость. Высокая твердость в поверхностном слое толщиной 5 - 7 мм сменяется резким снижением по направлению к центру, что обусловлено недостаточной прокаливаемостью сталей. Имеет место существенный разброс твердости по поверхности отдельных шаров, вследствие «пятнистости» закалки. Повышение суммарной легированности стали, позволяет поднять не только поверхностную твердость, но и твердость по сечению шаров диаметром 60 - 80 мм. Высокие закалочные напряжения ведут к раскалыванию шаров в процессе эксплуатации. Для снятия напряжений необходим отпуск при температурах 450 - 480 °С. Усадочные раковины, дефекты ликвационного характера и флокены, ведут к образованию рыхлоты при поперечно-винтовой прокатке.

Одним из наиболее эффективных способов снижения расхода мелющих тел является замена стальных шаров на мелющие тела из высоколегированных чугунов. В промышленно развитых странах мира доля производства мелющих тел из высоколегированных чугунов, износостойкость которых в 4 - 5 раз выше стальных, достигает 35 % всего объема и продолжает быстро увеличиваться. Современные марки белых износостойких чугунов представляют собой сложнoleгированные многокомпонентные сплавы с большим разнообразием структур и широким диапазоном физико-механических свойств. Применение высоколегированных чугунов для отливки шаров с последующей термической обработкой, обеспечивает получение по всему сечению мелющего тела мартенсито - карбидную структуру, с твердостью HRCэ 55,0, с высокой ударостойкостью, низким удельным расходом (45 - 50 г/т) мелющих тел в процессе эксплуатации.

В современных условиях развития РБ, характеризующихся ограниченными материальными и энергетическими ресурсами, важной народнохозяйственной задачей является разработка и внедрение современных энерго- и ресурсосберегающих технологий и оборудования для изготовления мелющих тел, повышения их надежности и долговечности.

В настоящее время наметилась тенденция использования многокомпонентных экономно легированных в различных сочетаниях (Cr, Ni, Mo, Ti, V, B и т.д.) чугунов. Каждый компонент наряду со своим назначением выполняет и общую задачу повышения уровня эксплуатационных свойств, при этом его индивидуальные свойства могут быть усилены коллективным воздействием. Главная задача сводится к тому, чтобы получить однородную и однотипную по свойствам микроструктуру во всех частях отливки из легированных чугунов, процессы структурообразования в которых отличаются повышенной чувствительностью к кинетическим факторам.

На основании анализа научно-исследовательской и патентной литературы можно сформулировать основные положения наиболее оптимальной схемы технологического процесса изготовления мелющих шаров:

- после введения модификаторов необходимо обеспечить ускоренное охлаждение расплава до минимально возможной температуры, для того чтобы уменьшить возможное увеличение размеров карбидов;
- для получения необходимой структуры, заготовки из износостойких белых чугунов, подвергают длительной термической обработке, вполне обоснованным и рациональным решением является совмещение процесса литья с термической обработкой. Время выдержки при температуре аустенизации выбирается в зависимости от исходной структуры и должно обеспечивать получение однородной аустенитной микроструктуры металлической матрицы, выравнивания температуры по сечению отливки, насыщения до требуемой величины аустенита углеродом и обеспечения выделения вторичных карбидов с размерами ~1 мкм;
- охлаждение с высокой скоростью до температуры мартенситного превращения, для того чтобы исключить образование промежуточных структур. Низкотемпературная термическая обработка для снятия внутренних напряжений.

В связи с дефицитом легирующих элементов в Беларуси, необходимо использовать отходы смежных отраслей промышленности в виде оксидосодержащих материалов, стружки, окалины и других материалов, содержащих дорогие легирующие элементы. Безусловно, необходимо вести работы по отработке технологии плавки с использованием отходов с целью их стабильного восстановления и усвоения. Использование вместо традиционных ферросплавов дешевых отходов производств, с экономической точки зрения позволит существенно повысить конкурентоспособность отечественной продукции.

Большие перспективы открываются перед технологами при использовании методов обработки расплава с помощью введения дисперсных порошков тугоплавких соединений карбидов, оксидов, нитридов и т.д. В результате введения наноразмерных материалов, происходит ускорение и развитие объемного затвердевания, что позволяет уменьшить или полностью устранить транскристаллизацию при затвердевании. Благодаря наличию в расплаве большого количества дисперсных частиц, играющих роль зародышей кристаллизации при охлаждении отливки, происходит образование мелкозернистой структуры металла и, как следствие, существенное повышение комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств материалов.

УДК 669.14.018.252

### **Особенности технологии получения литых штампов**

Студент гр. 104315 Сермяжко М.И.  
Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В настоящее время при получении литого штампового инструмента используется литье песчаные и керамические формы, литье по выплавляемым моделям, электрошлаковое кокильное литье.