

УДК 621.746.62:001.1 (075.8)

АНДРЕЕВ В.И., Николаевский государственный гуманитарный университет им. Петра Могилы,
г. Николаев, Украина



Андреев Вячеслав Иванович – завідувачий відділом аспірантури
Миколаївського державного гуманітарного університету ім. Петра Могили.

Коло наукових інтересів: проблеми довговічності деталей
циліндропоршневої групи двигунів внутрішнього згорання; екологія
ливарних процесів.

АЛГОРИТМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВС С ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ

В статті наведено алгоритм розрахунку технологічного процесу лиття гільз циліндрів ДВЗ з підвищеною зносостійкістю, рекомендації з використання отриманих результатів. Алгоритм створено на основі теорії змінної зносостійкості. Розроблений алгоритм дозволяє отримати при відцентровому литті структуру чавуну, якісно поліпшену шляхом регулювання швидкості остигання при переході через інтервал евтектоїдної температури.

The crystallization of the blank should be carried out with the maximum low speed of cooling for the graphite extraction in the necessary form and size, in the required quantity with the optimal character of distribution and suppression of carbid-forming procedures.

Общая постановка проблемы и ее связь с научно-практическими задачами. Гильза занимает среди теплонпряженных деталей двигателя внутреннего сгорания особое место как по выполняемым функциям, так и по предъявляемым к ней требованиям. Ресурс двигателя, в первую очередь, определяется надежной и долговечной работой основной трущейся пары – гильзы цилиндра и поршневого кольца. Поверхность цилиндров постепенно изнашивается, что приводит к ухудшению показателей двигателя. При этом во всех случаях

эксплуатации и при любом доминирующем виде износа втулка изнашивается неравномерно по длине образующей цилиндра [1]. Особое обострение процессов износа наблюдается в зонах реверса поршневых колец. Анализ эпюры износа цилиндров по образующей показывает наличие ярковыраженного максимума в верхней части, в зоне между верхней мертвой точкой первого и второго компрессионных колец, и в меньшей мере – в районе нижней мертвой точки колец. Неравномерный износ втулки приводит к тому, что рабочая поверхность в верхней зоне

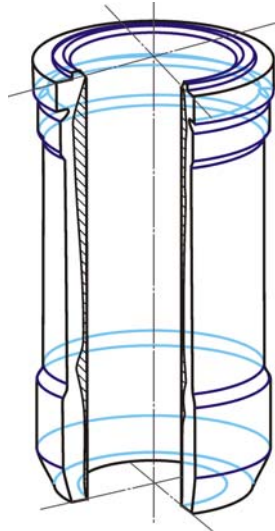


Рис. 1. Эпюра износа рабочей поверхности гильзы цилиндра

Мировой опыт двигателестроения утвердил способ центробежной отливки как наиболее перспективный и единственно способный удовлетворять всевозрастающие требования к гильзам цилиндров. Несмотря на обширный перечень факторов, влияющих на эксплуатационные качества гильзы (химический состав материала, точность геометрических параметров, антифрикционные свойства рабочей поверхности, термообработка изделия и т.д.), именно способу получения заготовок в научной литературе, исследовательских лабораториях и в практическом производстве уделяется весьма много внимания. В комплексе задач, которые всегда стояли перед практикой центробежного литья в кокиль, ведущая роль принадлежит тепловым явлениям как первопричине происходящих в формирующейся отливке процессов.

Обзор публикаций и анализ нерешенных проблем. Охлаждение закристаллизовавшейся заготовки проходит с понижением температуры чугуна и соответственным увеличением температуры формы. Уменьшается отвод тепла от отливки и снижается скорость ее охлаждения. В случае пассивного охлаждения при достижении температуры перлитного превращения скорость охлаждения настолько снижается, что в результате образуется перлит низкой дисперсности и включения феррита. При высокой теплопроводности формы происходит ускорение процесса кристаллизации и выделения структурно-свободного цементита. Таким образом, при пассивном охлаждении чугуновых отливок можно получить в структуре либо графит + перлит + феррит с твердостью 170...180 НВ, либо графит + перлит + феррит + цементит с твердостью 230...270 НВ. Получить же чисто перлитную структуру чугуна с твердостью 250...280 НВ в литом состоянии без управления

скоростью охлаждения отливки в реальных условиях невозможно.

Значит, для получения оптимальной, с точки зрения служебных характеристик (в частности, износа), структуры необходимо медленное охлаждение в эвтектическом и ускоренное в эвтектоидном интервалах температур. Такое управление термодинамическим процессом кристаллизации и охлаждения отливки дает возможность получить чугун с оптимальной формой и размером графита и требуемой структурой металлической основы без применения какой бы то ни было дополнительной обработки и высокого легирования. Этот способ наиболее экономичный и предполагает стабильные результаты.

Цель исследований – разработка режимов дифференциального (по высоте образующей) управления тепловыми процессами структурообразования в закристаллизовавшейся отливке для получения оптимального сочетания свойств по высоте заготовки. Предмет исследований – гильза цилиндра ДВС из чугуна СЧ20, отливаемая центробежным способом в кокиль.

Результаты исследований. Процесс стабилизации мелкодисперсной металлической матрицы состоит в следующем: при достижении на внутренней поверхности отливки температуры 950...900 °С проводят искусственное воздушное охлаждение внутренней поверхности путем продувания отливки сжатым воздухом. При достижении отливкой температуры 800...750 °С в зону верхней мертвой точки совместно с воздухом подают хладагент, не допуская его попадания в нижнюю часть отливки.

Ускорение охлаждения всей внутренней поверхности отливки воздухом, начиная с 950...900 °С, позволяет избежать чрезмерного роста графитовых включений и получать

наиболее оптимальный, с точки зрения износостойкости, пластинчатый графит среднего размера. Вторая ступень ускоренного охлаждения заготовки в интервале температур от 800...750 °С до 550...450 °С путем впрыска хладагента в зону ВМТ ведет к повышению дисперсности металлической матрицы в этом районе гильзы за счет быстрого прохождения температуры перлитного превращения. Именно этот ускоренный переход позволяет получить высокодисперсную сорбитообразную структуру металлической основы чугуна с дисперсностью перлита не выше Пд0,3. Дальнейшее охлаждение изделия происходит вне литейной формы и требует изотермической выдержки при 250...350 °С в течение 15...20 мин для стабилизации структуры металла и снятия остаточных напряжений в отливке. В результате такой термообработки в структуре чугуна на внутренней поверхности гильзы образуется равномерно распределенный пластинчатый графит средних размеров, а получаемая высокодисперсная сорбитообразная структура. Искусственное охлаждение начинают от температуры 950...900 °С с тем, чтобы как можно раньше “заглушить” процесс вторичной графитизации. Проведение охлаждения от более высоких температур приводит к отбеливанию чугуна с образованием в структуре труднообрабатываемого карбида железа.

Для равномерного износа гильз цилиндров дизелей при эксплуатации и уменьшения износа режущего инструмента при механической обработке искусственному охлаждению подвергают только зону внутренней поверхности заготовок, прилегающую к ВМТ. Гильзы

цилиндров, отлитые по предлагаемой технологии, имеют твердость на рабочей поверхности в зоне ВМТ 270...340 НВ, в районе нижнего бурта – 200...230 НВ [10].

Предложенный способ отличается от известных тем, что подача хладагента производится не для ускорения процессов кристаллизации и получения отбеленного чугуна, а для ускорения перлитного превращения в уже закристаллизовавшейся отливке, что препятствует образованию феррита при охлаждении в интервале эвтектоидного превращения.

При построении алгоритма производственного технологического процесса литья заготовок гильз цилиндров с повышенной износостойкостью было задано, что износостойкие физико-механические характеристики в каждой точке рабочей поверхности детали обеспечиваются непосредственно в процессе отливки заготовок без последующей упрочняющей обработки. Необходимые процессы структурных превращений достигаются за счет тепловой энергии заготовки без дополнительных энергозатрат [11].

Алгоритм, представленный на рис. 2, описывает следующие этапы литья:

- процесс кристаллизации заготовки и обеспечение заданной скорости кристаллизации;
- выбор параметров кокиля с заданными теплофизическими свойствами, обеспечивающими необходимую скорость кристаллизации и охлаждения заготовки, исключая поверхностный отбел, обеспечивающего высокую стойкость и



Рис. 2. Алгоритм технологического процесса изготовления гильз цилиндров с повышенными износостойкими свойствами

В процессе выполнения алгоритма решаются следующие самостоятельные научно-практические задачи:

- f_1 – функциональная зависимость требуемой для равномерного износа переменной износостойкости в каждой точке рабочей

поверхности цилиндра от формы эпюры износа детали с постоянными физико-механическими свойствами;

- f_2 – структура материала в зависимости от требуемой износостойкости в каждой точке рабочей поверхности;

- f_3 – значение механических свойств (твердости) поверхности в зависимости от заданной структуры;
- f_4 – функциональная зависимость скорости кристаллизации и охлаждения отливки в каждой точке для обеспечения заданных механических свойств;
- f_5 – функциональная зависимость между режимами затвердевания отливки и теплофизическими параметрами кокиля, обеспечивающими необходимую скорость кристаллизации и охлаждения заготовки;
- f_6 – функциональная зависимость между интенсивностью охлаждения (количеством подаваемого для охлаждения хладагента) и скоростью охлаждения затвердевшей отливки ($^{\circ}\text{C}/\text{с}$).

Для инженерных расчетов при создании реальных технологических процессов получения заготовок гильз ДВС с повышенными износостойкими свойствами предлагается пользоваться практической диаграммой (рис. 3), построенной по данным многочисленных экспериментов.

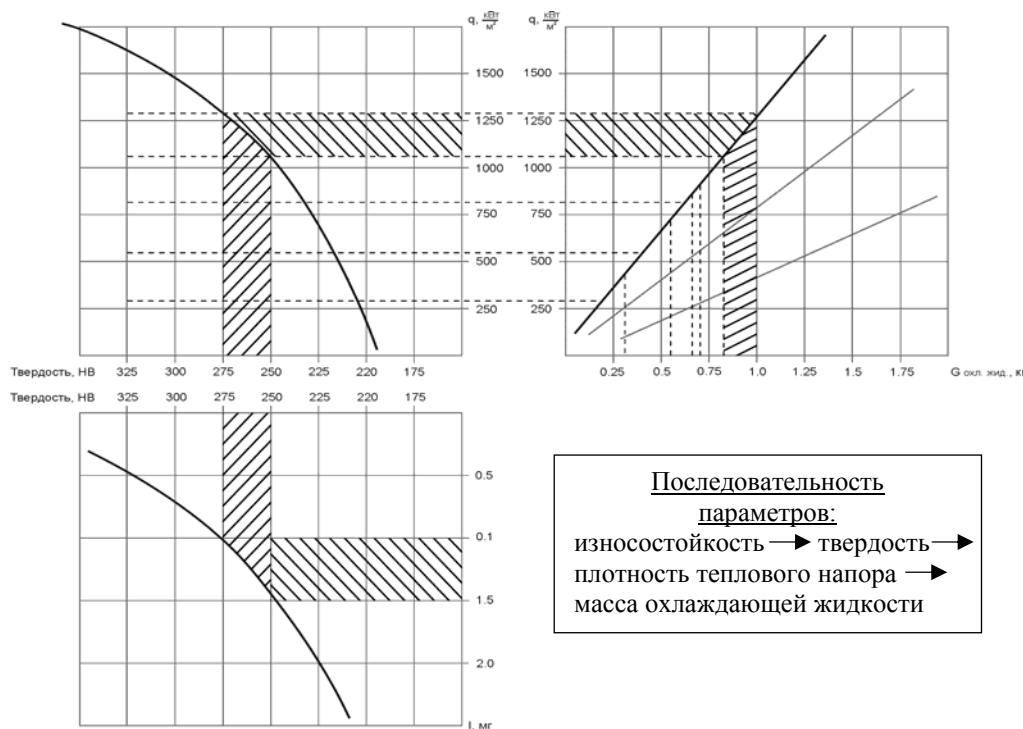


Рис. 3. Диаграмма режимов охлаждения отливки в зависимости от параметров износостойкости гильзы цилиндра двигателя

Практическое применение диаграммы основано на том, что во входящих параметрах уже задается степень повышения износостойкости планируемых к отливке гильз цилиндров двигателя [5]. Эта износостойкость должна быть соотнесена с износостойкостью базовой (или серийной) отливки. На основе входящих данных и с использованием диаграммы определяются:

- теплофизические параметры кокиля, обеспечивающие необходимую скорость кристаллизации и охлаждения заготовки, исключаяющую поверхностный отбел, обеспечивающие высокую стойкость и чистоту поверхности детали;
- по износостойкости изделия определяется требуемая структура металла гильзы на рабочей поверхности;
- в зависимости от структуры рассчитывается необходимая твердость на рабочей поверхности гильзы цилиндра;
- по твердости материала изделия

определяются термодинамические параметры процесса формирования (тепловой напор на поверхности отливки);

- по заданным тепловым параметрам определяются технологические режимы процесса получения заготовки (масса жидкости, подаваемой на охлаждение заготовки, рассчитывается время охлаждения).

Разработанный алгоритм технологического процесса литья заготовок гильз цилиндров и практическая диаграмма предназначены для получения чугунных деталей в серийном производстве с высокими эксплуатационными свойствами. Они позволяют улучшить качество металла и поднять его износостойкие свойства в самых ответственных местах детали, изменить условия трения деталей ЦПГ и, как следствие, повысить общий ресурс двигателя. Параметры опытных отливок, получаемых с применением данного алгоритма, представлены на рис. 3 в сравнении с серийными отливками.

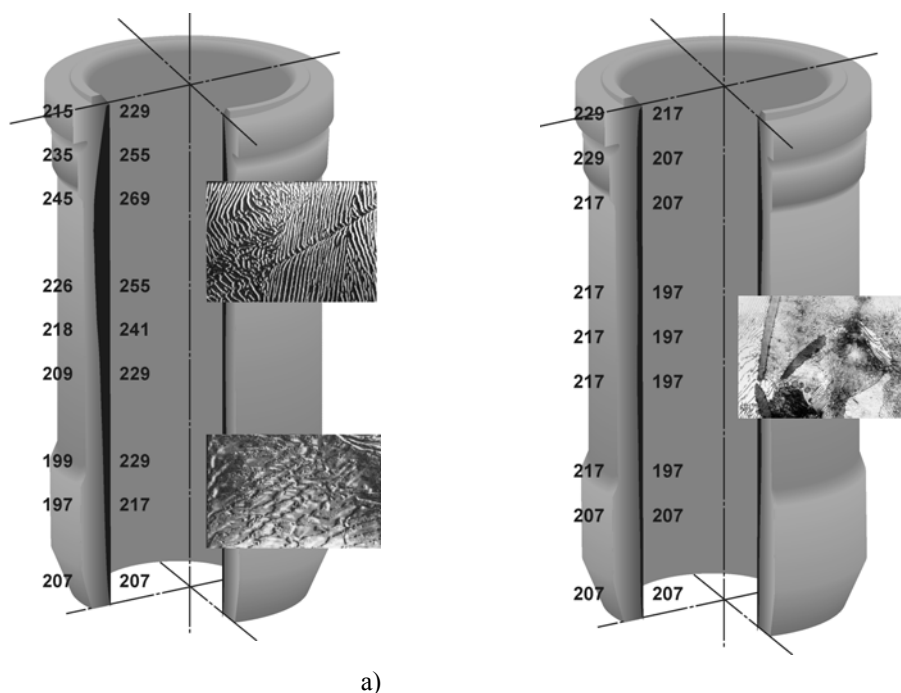


Рис. 3. Значения твердостей и структуры а) опытной и б) серийной отливок

В практическом применении разработанная автором технология управления тепловыми процессами структурообразования при центробежном литье достаточно проста, не требует дополнительных затрат энергии на нагрев под термообработку, сокращает время выдержки заготовки в форме, способствует повышению производительности литейных конвейеров и уменьшает пылеобразование при выливке.

Перспективы дальнейших исследований. С учетом того, что экология пока остается серьезной проблемой любого литейного производства [6, 8, 9] применение данной технологии дает возможность заменить литье в разовые песчаные формы на специальные способы литья, а это уменьшает выделение пыли и вредных газов. При внедрении технологии на кокильном производстве снижается толщина покраски и, соответственно, расход противопожарных и теплоизолирующих покрытий, которые выгорают в процессе заливки, отрицательно воздействуя на работников. Применение внутреннего жидкостного

охлаждения цилиндрических отливок, в свою очередь, способствует удалению из внутренней части заготовок пыли и литейной грязи путем смыва их или выноса в систему вентиляции.

Выводы. Предложена технология жидкостного охлаждения отливки от температуры 800...750 °С со скоростью 15...20 °С/с для ускоренного перехода интервала температур перлитного превращения в чугуна и образования стабильной сорбитообразной структуры; принудительное охлаждение заканчивается при 550...400 °С с последующей изотермической выдержкой в печи в течение 20 мин при 320 °С с целью снятия остаточных напряжений в отливках.

Разработан алгоритм построения технологического процесса литья заготовок гильз цилиндров и практическая диаграмма. Благодаря ему, управляя процессами структурообразования, можно получать структуру гильзы цилиндров с повышенной износостойкостью, т.е. с высокодисперсной металлической матрицей Пд0,3 и с равномерно распределенными графитовыми включениями (ПГд25-ПГд180),

ЛІТЕРАТУРА

1. Андреев В.И., Клименко Л.П. Шляхи зменшення витрат масла на вигар у тракторних двигунах // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Вип. 8. Екологія. – Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2002. – С. 133-137.
2. Андреев В.И., Клименко Л.П., Прищепов О.Ф. Принципы переменной износостойкости деталей и их практическое применение в двигателестроении // Тези доповідей науково-практичної конференції “Сучасні технології виробництва в розвитку економічної інтеграції та підприємництва”. – Хмельницький: Технологічний університет Поділля, 2003. – С. 51-52.
3. Андреев В.И., Клименко Л.П., Прищепов О.Ф. Теоретические основы и технологии создания узлов трения с переменной износостойкостью // Сборник докладов Международного конгресса “Механика и трибология транспортных систем – 2003”.

- Ростов-на-Дону: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2003. – Т. 1. – С. 402-405.
4. Андреев В.И., Прищепов О.Ф., Клименко Л.П. Разработка материала и технологии упрочнения поршней среднеоборотных судовых дизелей // Проблемы трибологии. – Хмельницький: ТУП. – 2003. – № 2(28). – С. 148-152.
 5. Андреев В.И., Клименко Л.П., Прищепов О.Ф. Технологические пути реализации теории переменной износостойкости при отливке чугунных заготовок в двигателестроении // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків “ХАІ”. – Випуск 5(40). – 2003. – С. 130-134.
 6. Андреев В.И., Клименко Л.П. Екологічні аспекти впровадження зміцнюючої обробки деталей двигунів сільгоспмашин // Наукові праці. – Миколаїв: Вид-во МФ НаУКМА, 2001. – Т. 11. Екологія. – С. 82-83.
 7. Клименко Л.П. Повышение долговечности цилиндров ДВС на основе принципов переменной износостойкости / Под ред. В.В. Запорожца. – Николаев: Изд-во НФ НаУКМА, 2001. – 294 с.
 8. Клименко Л.П. Экологически чистые технологии в дизелестроении // Збірка тез доповідей III Всеукраїнської науково-методичної конференції за міжнародною участю. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2000. – С. 61-62.
 9. Сперанский Б.С., Туманский Б.Ф. Охрана окружающей среды в литейном производстве. – Киев; Донецк: Вища школа. Головное изд-во, 1985. – 80 с.
 10. Технологічне забезпечення надійності судових дизелів при переведенні на важке паливо / В.І. Андреев, Л.П. Клименко, Б.К. Хлопенко, О.В. Татарченко // Тези доповідей на I Міжнародному симпозиумі українських інженерів-механіків. – Львів: ЛПІ, 1993. – С. 336.
 11. Andreev V., Klimenko L., Kondratenko Y., Dykhtha L. Mathematical simulation for solidification of the hollow cylindrical casting under centrifugal permanent-mould casting // Archives of foundry. - Katowice – Gliwice: Foundry Commission Polish Academy of Science, 2003, Volume 3, N7. – p. 33-39.