

5.3. Отливка гильз с управляемыми процессами структурообразования

Приведенная толщина стенок отливок, наличие примесей хрома, модифицирование графитизирующими добавками – далеко не полный перечень факторов, влияющих на характер структурообразования. Необходимо учитывать массивность отливок, вид и содержание выделяющейся при кристаллизации высокоуглеродистой фазы (цементита или графита), интенсивность теплоотвода от отливки в форму.

Следует также учитывать, что прочностные характеристики серого чугуна во многом определяются графитной фазой. Размеры, форма и характер распределения графитовых включений существенно влияют на износостойкость материала отливок. Лучшей является структура, в которой содержатся относительно крупные, равномерно распределенные включения графитной фазы.

Вместе с тем прочность при растяжении или изгибе, твердость зависят от структуры металлической основы. Увеличение массовой доли и степени размельченности цементитного эвтектоида способствует росту твердости и прочности отливок. Как отмечалось выше, этого добиваются модифицированием, низким легированием сплава, иногда ускоренным охлаждением при кристаллизации отливок в формах. Однако любая из таких мер приводит к опасности появления отбела. Поэтому структура металлической основы серого чугуна редко достигает сорбитообразного состояния, не говоря уже о трооститном, хотя необходимость получения таких износостойких структур достаточно велика. В конце 70-х годов Г.А. Анисович [2] сформулировал теоретические основы процесса охлаждения отливки в комбинированной форме. Он подтвердил возможность получения высокодисперсной металлической матрицы путем управления процессами кристаллизации и охлаждения заготовки. Его выводы получили практическое

подтверждение. Однако применение они получили, в основном, при изготовлении массивных литых заготовок, отливаемых в песчано-глинистые формы, где имеется возможность установки холодильников.

При массовом производстве гильз цилиндров автотракторных дизелей полностью оправдал себя центробежный способ отливки заготовки. Он лишен большинства недостатков, присущих литью в песчано-глинистые формы, обладает высокой производительностью, коэффициент использования металла выше из-за отсутствия прибылей, не требуется модельной оснастки, не требуется работ с формовочными и стержневыми смесями, поскольку отливка, в основном, производится в металлический вращающийся кокиль.

Однако вопросы управления термодинамикой охлаждения здесь стоят более остро. Наибольшее количество тепла, отводимого от расплава, приходится на теплоотдачу с поверхности кокиля, поэтому затвердевание отливки начинается от ее наружной поверхности (зоны соприкосновения с кокилем) и направлено вовнутрь. Охлаждение внутренней поверхности менее интенсивно, поэтому внутренний фронт кристаллизации формируется позже. При соприкосновении фронтов образуется пояс раковин, расположение которого по сечению отливки зависит, прежде всего, от интервала запаздывания начала формирования внутреннего фронта кристаллизации. Чем позже он возникает, тем ближе к внутренней поверхности будет расположен пояс усадочных раковин, и наоборот. Следовательно, не рекомендуется проводить дополнительное ускорение кристаллизации внутренней поверхности центробежной отливки с целью предотвращения возможности формирования пояса усадочных пор в слое припуска на обработку.

Однако без управляемого дифференцированного охлаждения закристаллизовавшейся отливки, начиная от 1000...1050 °С, невозможно получить высокодисперсную металлическую матрицу с оптимальной формой графита и характером его распределения.

Это подтверждает и анализ мировой литейной практики. Патентные исследования в этом направлении показали, что различные институты,

предприятия и фирмы используют или внедряют системы принудительного охлаждения отливок. Так, продувание цилиндрических центробежных отливок воздухом под высоким давлением предлагается в авторском свидетельстве СССР № 1215862, заявке Японии № 58-52460, патенте США № 4508309. Аналогичное предложение, только с использованием охлажденного инертного газа, опубликовано в авторском свидетельстве СССР № 935207 и патенте США № 4278124. Прогрев или охлаждение отдельных участков кокиля с целью получения дифференцированной структуры металла описано в патенте США № 4411713 и заявке ФРГ № 3506599. Равномерное душирование литых заготовок водой от температуры 1000 °С до 350 °С заявлено во Франции (заявка № 2522291). Таким образом, видно, что управляемое охлаждение завоевывает все большую популярность. Но следует отметить, что основная масса заявленных изобретений относится к 1981-1984 годам. Разработанная же автором технология была предложена еще в конце 70-х годов.

Прежде всего, при создании технологии улучшения структуры металла на поверхности трения гильзы цилиндра было решено отказаться от необходимости дополнительного нагрева заготовок. Поскольку нагрев до 850...950 °С, последующая изотермическая выдержка и охлаждение серого чугуна сопровождаются рядом нежелательных явлений. А именно: при нагреве до высоких температур размеры пластинчатых включений графита увеличиваются за счет растворения более мелких включений свободного углерода. Изотермическая выдержка при этих температурах способствует гомогенизации сплава, что отрицательно сказывается на прочности чугуна. Пластичность же остается близкой к нулевому значению из-за неблагоприятной формы графитовых включений. Кроме этого, дополнительный нагрев заготовок создавал бы технологические трудности, дополнительные затраты энергии, времени, трудовых ресурсов.

Технология центробежной отливки гильз на кольцевом литейном конвейере позволяет управлять термодинамическими процессами, начиная от

момента заливки металла в форму и до выбивки отливки. Широкий управляемый температурный спектр заготовки дает возможность проводить дифференцированное охлаждение внутренней части цилиндрической отливки. Дифференциация проводится в двух направлениях: температурном – путем изменения скорости охлаждения на разных этапах остывания детали и объемном – за счет подачи различных масс хладагента к разным зонам отливки. Использование теплоты отливки для проведения термодинамических воздействий не требует дополнительного нагрева гильз, уменьшает цикл движения литейного конвейера.

На разработанный способ упрочнения цилиндров ДВС автором получено авторское свидетельство СССР № 4196218/31-02 от 18.12.86 г.

Сущность изобретения заключается в том, что искусственное ускоренное охлаждение внутренней поверхности отливки начинают при достижении заготовкой температуры 900...950 °С и проводят со скоростью 1...5 °С/с до температуры 750...800 °С путем продувания отливки сжатым воздухом. Это позволяет избежать чрезмерного роста графитовых включений и получать наиболее оптимальный, равномерно распределенный пластинчатый графит средних размеров. Вторая ступень ускоренного охлаждения проводится в интервале температур от 750...800 °С до 450...550 °С путем впрыска хладагента. Скорость охлаждения заготовки в это время должна составлять 15...20 °С/с. Именно этот ускоренный переход интервала температур перлитного превращения позволяет получить высокодисперсную сорбитообразную структуру металлической основы чугуна. Дисперсность перлита при этом не ниже $P_d = 0,3$. Наличие феррита не наблюдается. Структурно-свободный цементит на внутренней поверхности гильзы отсутствует. Получаемая структура металла и характер распределения, размеры и форма графитовых включений представлены на рис. 5.2.

Анализ силовых и тепловых нагрузок цилиндропоршневой группы показывает их максимальное возрастание в верхней части, в начале рабочего хода поршня. Соответственно наибольшему износу гильза цилиндра

подвержена в зоне остановки первого поршневого кольца при положении поршня в верхней мертвой точке. Величина износа плавно уменьшается в направлении к нижней части гильзы.

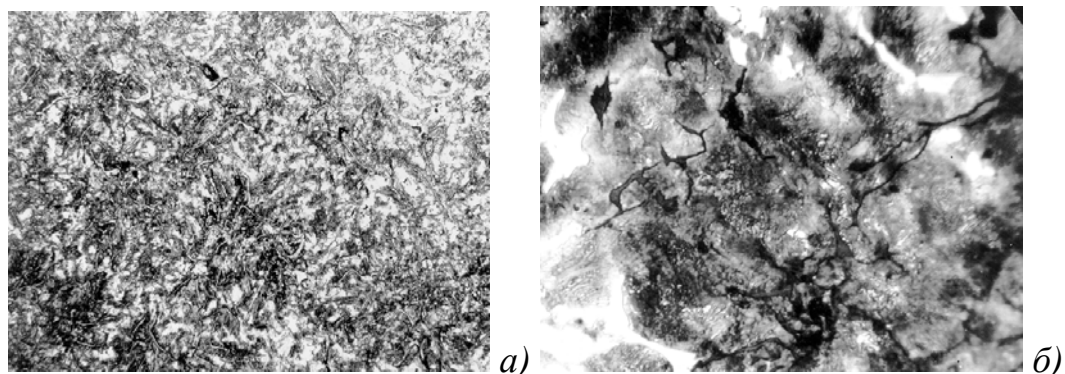


Рис. 5.1. Структура чугуна гильз дизеля Д-240, х 400, отлитых с управлением термодинамическими процессами формирования отливки:

а) зона ВМТ;

б) нижняя зона гильзы.

Исходя из этого, необходимо проводить вторую ступень интенсивного охлаждения только для части гильзы, прилегающей к верхнему бурту, не более $1/3$ относительной длины. В результате этого структура металла цилиндра изменялась по длине от сорбитообразной – в зоне ВМТ до мелкодисперсной перлитной – в нижней части гильзы. Такая дифференциация позволяет получать равномерный износ цилиндров ДВС по высоте в процессе эксплуатации.