

6.3. Центробежная отливка втулок цилиндров судовых дизелей с заданной дифференцированной износостойкостью рабочей поверхности

Центробежная отливка втулок цилиндров является завершающей операцией в цепи технологических мероприятий по созданию детали с заданными эксплуатационными характеристиками. Высококачественная деталь получается после предварительного решения вопросов по разработке химического состава чугуна, способа его получения, обеспечения стойкости кокиля и его теплофизических свойств, обеспечения направленной кристаллизации и рафинирования металла синтетическими шлаками и решения ряда других проблем.

С помощью центробежной отливки с управлением процессами структурообразования отливались втулки цилиндров судовых дизелей типа ЧН 25/34 и ЧН 26/34. Для форсированного судового среднеоборотного дизеля 6ЧН 26/34 втулки цилиндров, полученные другим способом, оказались неработоспособными вследствие высоких нагрузок на поверхности трения.

Преимущества центробежной отливки втулок цилиндров перед литьем в песчано-глинистые формы было рассмотрено выше. Более высокий коэффициент использования металла по сравнению с литьем в песчано-глинистые формы, отсутствие процессов формовки, более высокая плотность металла и другие достоинства центробежной отливки создают ряд явных преимуществ этого вида литья втулок. Недостатком центробежной отливки является отбел по наружной поверхности, пористость в районе рабочей поверхности и сегрегация легирующих элементов по сечению отливки. Автором разработаны мероприятия по устранению этих недостатков. Отбел по наружной поверхности устраняется за счет кокиля из композиционных материалов. Пористость втулки выводится на свободную поверхность при

применении экзотермических смесей и литьем под слоем жидкого синтетического шлака. Уменьшение сегрегации легирующих элементов достигается улучшением гидродинамики процессов заливки металла и применением лигатур. Но даже после устранения указанных недостатков качество металла в районе рабочей поверхности втулки ниже, чем на наружной поверхности, вследствие различий в термодинамике процессов формирования заготовки.

В работе ставилась задача разработать новый технологический процесс, при котором рабочая зона втулки имела бы заданную структуру и свойства. Суть его сводится к следующему. Жидкий чугун при температуре 1350 °С заливается в предварительно подогретый до 250...300 °С вращающийся композиционный кокиль. Перед заливкой в ковш дается экзотермическая смесь. Кристаллизация металла осуществляется под слоем жидкого синтетического шлака, что обеспечивает кристаллизацию с малой скоростью и только в одном направлении – с наружной поверхности вовнутрь. Это позволяет удалить все неметаллические включения и усадочные дефекты в припуск под механическую обработку на внутренней поверхности. В результате малой скорости кристаллизации под слоем жидкого шлака отсутствует структурно-свободный цементит и графит имеет оптимальную форму.

Упрочнение металлической матрицы достигается управлением термодинамическими процессами формирования отливки. Свободная внутренняя поверхность дает возможность оказывать требуемое термодинамическое воздействие на металл втулки в необходимый момент времени и практически с любой интенсивностью, что имеет большое преимущество перед отливкой в песчано-глинистые формы. Подача хладагента начинается при температуре внутренней поверхности отливки

780...850 °С, что обеспечивает начало перлитного превращения в зоне рабочей поверхности с заданной скоростью.

Подача хладагента прекращается при температуре отливки 400...550°С. Ускоренное охлаждение до более низких температур приводит к возникновению значительных остаточных напряжений в отливке.

Интенсивность охлаждения регулируется по длине втулки для получения переменных износостойких свойств по высоте цилиндра, обеспечивающих равномерный износ при эксплуатации. Твердость чугуна в зависимости от интенсивности охлаждения можно получить от 190 до 350 НВ.

Термодинамическая схема центробежной отливки втулок цилиндров дизелей ЧН 25/34 и ЧН 26/34 с управляемым охлаждением внутренней поверхности представлена на рис. 6.2.

Во вращающийся кокиль 1, имеющий композиционную вставку 2, заливается чугун 3, по устройству для охлаждения подается хладагент. Количество хладагента, подаваемого на поверхность отливки, определяется из термодинамического расчета процесса охлаждения заготовки, исходя из получения требуемого закона распределения структуры и твердости втулки и получения эпюры равномерного износа.

Осуществление подачи хладагента в переменных количествах по длине отливки достигается с помощью специального спрейера, имеющего три ряда отверстий разного диаметра, расположенных на заданном расстоянии по длине. Это позволяет обеспечить подачу требуемого количества хладагента в каждую точку внутренней поверхности отливки для обеспечения образования необходимой структуры.

Для исследований отливалась серия втулок в количестве 200 штук для дизелей типа ЧН 25/34 и для дизелей ЧН 26/34, наружным диаметром 320 мм, внутренним – 235 мм, весом 270 кг – для ЧН 25/34 и внутренним диаметром 245 мм, длиной 980 мм, весом 240 кг – для ЧН 26/34.

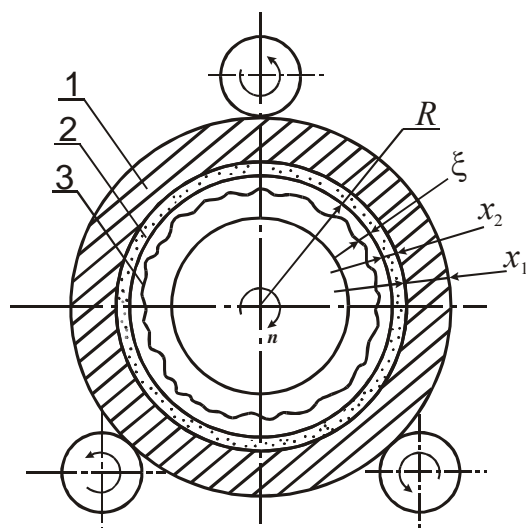


Рис.6.1. Термодинамическая схема центробежной отливки втулок цилиндров с применением принудительного охлаждения внутренней поверхности

1 – кокиль;

2 – композиционная вставка;

3 – отливка;

R – радиус отливки;

x_1 – толщина кокиля;

x_2 – толщина термоизолирующего покрытия;

ξ – толщина корки металла при кристаллизации;

n – направление вращения кокиля.

Отливка проводилась в цехе № 4 Черноморского судостроительного завода (г. Николаев) на горизонтальной центробежной машине Покровского в специально спроектированный и изготовленный кокиль. Материал отливки – специальный чугун, химический состав и механические свойства которого приведены в табл. 6.1. Выплавка осуществлялась в индукционной печи ИЛТ-200, температура выплавки 1450...1500 °С. Температура заливки 1350...1370 °С. Давление сжатого воздуха перед устройством для охлаждения – 0,12 МПа.

Таблица 6.1

Химический состав, режимы отливки и механические свойства втулок, отлитых центробежным способом с принудительным охлаждением

Химический состав, % мас.											Режимы отливки	Твердость, НВ
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Ti	P	S	Температура кокиля, °С	
3,0	1,8	0,9	0,35	0,30	0,35	0,55	0,2	0,03	до	до	240	235
3,5	2,1	1,25	0,60	0,50	0,45	0,70	0,3	0,07	0,12	0,07	270	257

Исследование микроструктуры, механических свойств и износостойкости полученных отливок проводилось на образцах из контрольных колец, вырезанных из верхней и нижней частей втулки. Как показывают металлографические исследования (рис. 6.3.) втулки имеют структуру перлитного чугуна, близкого к сорбиту со среднепластинчатым, средnezавихренным графитом площадью 6...7 %, двойной фосфидной эвтектикой и цементитом до 3 %.

Как видно из фотографий, графит распределяется в чугуне втулок как в верхней части, так и в нижней совершенно одинаково, а перлит имеет различную дисперсность. В зоне ВМТ под действием принудительного охлаждения перлит имеет более высокую дисперсность, чем на остальной части втулки, что также подтверждается замерами микротвердости на микротвердомере ПМТ-5. Так, в верхней части втулки микротвердость перлита достигает $H_{\mu 50}$ – 3000...3200 МПа, а в нижней части – 2300...2500 МПа.

Исследование износостойкости чугунов в различных частях отливок проверялось на машине трения СМТ на роликах, вырезанных из

соответствующей части втулки и работающих в паре с колодками из высокопрочного чугуна ВЧ50, идущего на изготовление поршневых колец.

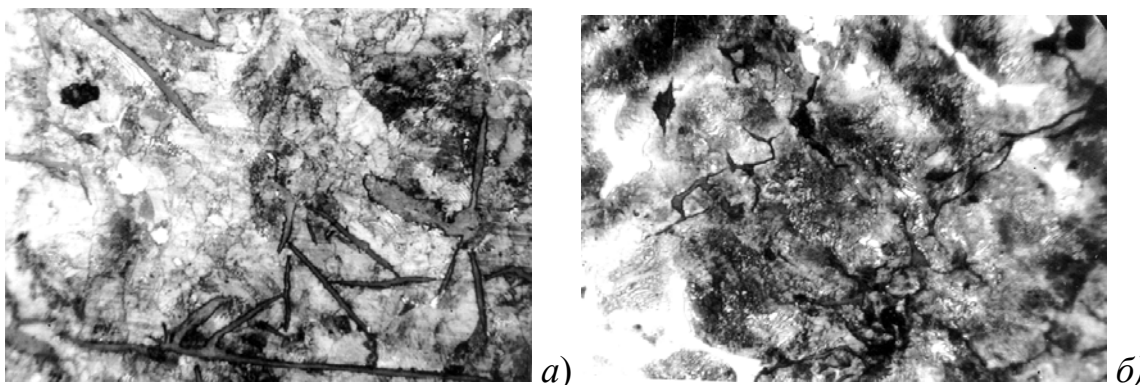


Рис. 6.2. Микроструктура чугуна втулки цилиндра дизеля ЧН 26/34, отлитой с принудительным охлаждением:

а) верхняя зона, х 400;

б) нижняя зона, х 400.

Износостойкость чугуна в верхней зоне втулки в 2 раза выше, чем износостойкость чугуна из нижней части, что еще раз подтверждает, что чугун одного и того же химического состава, с одинаковыми условиями выплавки и кристаллизации, но охлажденный с различной скоростью, имеет различную дисперсность перлита и твердость и обладает различной износостойкостью.

Стендовые испытания двигателей 8ЧН 25/34 и 6ЧН 25/34 с опытными и серийными втулками показали повышенную износостойкость втулок, изготовленных по разработанной технологии (см. раздел 7).