

М302159

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ГОРБАЧЕВ ИВАН АНАТОЛЬЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТБЕЛЕННЫХ ЧУГУННЫХ
ОТЛИВОК

(05.16.04 - литейное производство)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва-1976 год

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

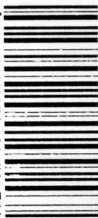
ГОРБАЧЕВ ИВАН АНАТОЛЬЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТБЕЛЕННЫХ ЧУГУННЫХ
ОТЛИВОК

(05.16.04 - литейное производство)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1302159

Горбачев И. А. Исследование

Москва-1976 год

19302159

Работа выполнена на Московском машиностроительном заводе
"Салют".

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Дубинин Н.П.

Научный консультант - доктор технических наук, профессор
Руков А.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Константинов Л.С.,
кандидат технических наук
Васильев Е.А.

Ведущее предприятие - Уфимский моторостроительный завод.

Защита диссертации состоится *14 февраля* 197*7* г.
на заседании специализированного совета по металлловедению
и горячей обработке металлов К - 33/13 Московского ордена
Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего
технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу:

Москва Б-5, 107005, 2-я Бауманская ул., дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке училища.

Автореферат разослан *22 июля* 1976 г.

Ученый секретарь специализированного совета -
кандидат технических наук, доцент Беликов О.А.

Д-73767 от 5/8-76г. Объем I п.л. Тип. МВТУ. Зак.1637. Тир.100

◆ ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

М В Т У
им. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В решениях XXV съезда КПСС "Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 годы" предусмотрено в 1980 году выпустить 2,1-2,2 млн. автомашин, значительно повысить их качество. Качество автомобильных двигателей в значительной мере определяется износостойкостью узлов и деталей. Проблему повышения износостойкости распределительных валов, являющихся одной из важнейших деталей автомобильных двигателей, можно решать путем применения чугуновых литых валов с регулируемыми свойствами отбеленного слоя.

Целью работы является разработка и внедрение в производство износостойкого чугуна и технологических процессов для получения отливок типа распределительных валов с регулируемой по сечению структурой.

Методы исследования. Использовались современные методы металлографии, рентгеноспектрального (на установках "САМЕСА", "НИТАСНИ"), рентгеноструктурного (установка УРС-70), спектрального (установка ДЭС-36) и химического анализов. В качестве образцов использовались отливки распределительных валов, полученные в песчано-глинистых формах с холодильниками и в облицованных кокилях, а также специальные клиновидные образцы, отлитые из чугунов выплавленных в индукционных и дуговых электропечах.

Научная новизна. Исследован процесс кристаллизации и свойства структур в фасонных малогабаритных отливках с регулируемыми свойствами отбеленного слоя из износостойкого модифицированного чугуна при литье в облицованные кокили.

Исследована и установлена математическая зависимость между твердостью и химическим составом износостойкого чугуна для отливок с регулируемыми свойствами отбеленного слоя.

Исследованы свойства и установлены причины образования аномальных структур типа пониженной твердости отбеленного слоя, образовавшихся в результате замедления скорости охлаждения затвердевающего чугуна и распада цементита.

Практическая ценность. Разработаны экономически эффектив-

ний технологический процесс литья и химический состав износостойкого чугуна для распределительных валов с регулируемыми свойствами отбеленных структур, позволяющие повысить качество отливок.

Показана целесообразность литья распределительных валов в облицованные кокили взамен песчано-глинистых форм с холодильниками.

Результаты исследований параметров технологического процесса использованы при проектировании (НИИСИ г.Одесса) и изготовлении автоматической линии литья распределительных валов с регулируемыми свойствами отбеленных структур в облицованные кокили.

Ликвидирован брак по заниженной твердости отбеленного слоя.

Результаты исследований можно применить для изготовления других чугунных малогабаритных отливок, требующих регулирования свойств отбеленных структур.

Реализация работы в промышленности. Химический состав износостойкого чугуна и технологический процесс литья распределительных валов с регулируемыми свойствами отбеленного слоя внедрен в производство на ММЗ "Салют".

Распределительные валы с регулируемыми свойствами отбеленного слоя были установлены на двигателях автомобилей "Москвич-412", принимавших участие в авторалли Лондон-Сидней, Лондон-Мехико и показавших высокую износостойкость. В настоящее время такие детали устанавливаются на всех автомобильных двигателях "Москвич-412".

Апробация работы. Основные результаты работы обсуждены на Всесоюзном научно-техническом семинаре (Полтава, 1972 г.), секции литейного производства в Московском доме научно-технической пропаганды (1972 г.) и изложены в пяти опубликованных печатных трудах.

Объем работы. Диссертация изложена на 123 страницах машинописного текста, имеет 51 рисунок, 20 таблиц и 4 приложения.

В первой главе на основании литературных данных проведен анализ современного состояния технологии изготовления литых распределительных валов. Рассмотрено влияние химического со-

става чугуна и технологических факторов (технологии плавки, скорости охлаждения и модифицирования) на образование и свойства отбеленных структур в чугунных отливках. Показано, что аномальные структуры отбеленного слоя значительно снижают качество отливок. Приводятся гипотезы образования таких структур.

Проведенный анализ показал, что использование чугунных распределительных валов с отбеленными кулачками, взамен стальных и чугунных с кулачками, закаленными токами высокой частоты, является более перспективным направлением повышения их износостойкости и увеличения долговечности автомобильных двигателей.

Исследованиям свойств отбеленного чугуна посвятили свои работы многие ученые. В результате получили промышленное применение такие крупногабаритные отливки из отбеленного чугуна, как прокатные валки, вагонные колеса и др. Однако результаты этих исследований нельзя полностью переносить на распределительные валы с отбеленными кулачками.

В настоящее время для малогабаритных отливок типа распределительных валов, свойства отбеленного слоя которых требуется регулировать в пределах тонких по сечению толщин, недостаточно изучены вопросы комплексного влияния элементов химического состава чугуна, модифицирования, режимов плавки, литейной формы на регулирование свойств износостойких отбеленных структур. Недостаточно исследованы процессы структурообразования в отбеленных отливках при литье в облицованные кокили, а также не установлены причины образования структур с пониженной твердостью отбеленного слоя и изменения таких структур в зависимости от условий кристаллизации.

В связи с этим в настоящей работе решаются следующие задачи:

1. Исследование влияния технологических параметров литейной формы, способа плавки чугуна и модифицирования на отбеленные структуры.

2. Анализ и исследование свойств структур в литых чугунных распределительных валах с отбеленными кулачками в зависимости от химического состава чугуна.

3. Исследование свойств и причин образования аномальных структур типа пониженной твердости в отбеленном слое.

4. Исследование износостойкости литых чугунных распределительных валов с отбеленными кулачками, проверка результатов исследований в промышленных условиях и разработка технологических процессов литья, позволяющих осуществить максимальную механизацию и автоматизацию производства.

Во второй главе приводится методика проведения исследований.

Третья глава посвящена исследованию влияния толщины холодильников, облицованных кокилей, технологии плавки, модифицирования на свойства отбеленных структур чугунных отливок. Изучены температурные поля холодильников в песчано-глинистых формах, облицованных кокилей и отливок.

Целесообразность исследований влияния толщины холодильников заключается в установлении полезной их толщины, в пределах которой кристаллизуются структуры высокой твердости. Этими исследованиями установлено повышение твердости отбеленного слоя на вершинах кулачков от HRC 52,5 до HRC 54,0 с увеличением толщины холодильников от 10 мм до 17 мм, и до HRC 55,0-56,0 при увеличении толщины облицованных кокилей до 58,0-70,0 мм.

Анализ температурных полей внутренних поверхностей холодильников в песчано-глинистых формах и облицованных кокилей позволил установить зависимость температуры нагрева холодильников и облицованных кокилей в зоне контакта с кристаллизующимся чугуном на вершинах кулачков от температуры заливки и нагрева облицованных кокилей перед заливкой. Были получены следующие температуры разогрева холодильников в песчано-глинистых формах: 565°C при $T_{\text{зал.}} = 1300^{\circ}\text{C}$; 640°C - $T_{\text{зал.}} = 1370^{\circ}\text{C}$; 815°C - $T_{\text{зал.}} = 1400^{\circ}\text{C}$; для облицованных кокилей: 280°C при $T_{\text{зал.}} = 1370^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{нач.кок.}} = 32^{\circ}\text{C}$; 358°C - $T_{\text{зал.}} = 1400^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{нач.кок.}} = 32^{\circ}\text{C}$ и 380°C - $T_{\text{зал.}} = 1345^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{нач.кок.}} = 150^{\circ}\text{C}$. Более интенсивный разогрев холодильников и облицованных кокилей уменьшает градиент температур, что приводит к снижению теплоотводящей способности их и уменьшению скорости затвердевания. В результате снижается твердость отбеленных структур. Для предупреждения чрезмерного снижения твердости отбеленных структур

необходимо ограничить температуру заливки $T_{\text{зал.}} = 1370^{\circ}\text{C}$ и начальную температуру облицованного кокиля $T_{\text{нач.кок.}} = 150^{\circ}\text{C}$.

Проведенные исследования показали, что чугуны, выплавленные в высокочастотной индукционной электропечи, имеют меньшую склонность к образованию переохлажденных метастабильных структур, чем аналогичные по химическому составу чугуны из дуговой электропечи. Значительная транскристаллизация может снизить прочность отливок.

На основании металлографических исследований отбеленных структур отливок, модифицированных различными количествами силикокальция (от 0 до 0,2%, от веса жидкого металла) показана возможность уменьшения глубины (от сквозного отбела до 0,5 мм) и твердости (НКС 55,5–40,0) отбеленного слоя на кулачках отливки.

В четвертой главе приведены результаты исследований свойств макро- и микроструктур отбеленных кулачков: твердость, микротвердость, глубина отбела, количественный анализ содержания перлита и цементита. Проведено исследование микроликвации углерода, кремния, марганца, хрома, никеля, молибдена в цементе и перлите. Методом планирования эксперимента разработан химический состав чугуна; проведен расчет твердости отбеленного кулачка; построены графики зависимости твердости и структуры отбеленной отливки.

Исследованиями микроструктур нетравленных микрошлифов под микроскопом при увеличении 120 установлено наличие точечного и хлопьевидного графита в зоне отбела. В переходной зоне графит - хлопьевидный, более крупный - в отливках из облицованного кокиля. В отливках из песчано-глинистых форм наблюдали также и мелкопластинчатый графит. В неотбеленной серой зоне графит средне- и крупнопластинчатый, завихренный в первом случае и точечный с хлопьевидным и междендритным графитом в отливках из облицованного кокиля.

На травленных микрошлифах в зоне чистого отбела наблюдали цементито-ледебурито-перлитные и ледебурито-перлитные структуры. Установлено, что увеличение количества перлита от 40,0% до 52,3% снижает твердость отбеленных структур от НКС 54,0–55,0 до НКС 47,0. В отливках из облицованного кокиля структурные составляющие были более дисперсные. Пластини це-

ментита имели длину II-75 мкм и толщину до 7,0 мкм. В переходной зоне наблюдались перлито-цементито-ледебуритные структуры. Количество перлита составляло 64,75-67,54% для твердости HRC 40-42,0, преобладали пластинки цементита длиной 9-93,0 мкм. В неотбеленной части - перлито-графитные структуры с отдельными включениями цементита, количество перлита 96,46-95,86%. Установлено, что в зоне чистого отбела и переходной зоны присутствует перлит темной и светлой окрасок.

С целью проверки гипотезы зависимости твердости структур от количества и микротвердости фазовых составляющих, кроме стехиометрических исследований микроструктур, проводили измерение микротвердости цементита и перлита в чугунах, имеющих различное соотношение $Cr: Ni$. Установлено повышение микротвердости цементита (от 722,8-756,0 кгс/мм² до 947,8-1030,0 кгс/мм²) при увеличении в чугуне соотношения $Cr: Ni$ (от 0,6 до 1,2 - 2,0) и концентрации $Mo = 0,15\%$. Микротвердость цементита не изменялась в зависимости от скорости охлаждения отливки. Однако микротвердость темного перлита изменялась не только от соотношения $Cr: Ni$, но и от скорости охлаждения отливки. При соотношении $Cr: Ni = 0,6$ микротвердость перлита уменьшалась от 411,2 кгс/мм² (в зоне чистого отбела) до 286,8 кгс/мм² (в серой зоне). Повышение отношения $Cr: Ni$ до 1,2-2,0 увеличивало микротвердость темного перлита: а) песчанно-глинистая форма с холодильниками - до 555,6 кгс/мм² (зона чистого отбела) и до 318,0 кгс/мм² (серая зона); б) облицованный кокиль - до 567,8 кгс/мм² (зона чистого отбела) и до 357,2-373,2 кгс/мм² (серая зона).

Исследования микроликвации Cr , Ni и Mo в модифицированных чугунах подтвердили гипотезу зависимости микротвердости цементита не от скорости охлаждения, а от соотношения карбидообразующих и стабилизирующих перлит элементов, способных растворяться в цементите.

Этими исследованиями установлены также пределы содержания Ni в чугуне ($Ni = 0,2-0,4\%$), способствующие повышению твердости отбеленного слоя.

Микротвердость светлого перлита несколько ниже (338,0 кгс/мм²) перлита темного цвета (498,0-360,0 кгс/мм²).

Исследованиями микроликвации углерода, кремния, марганца,

хрома, никеля, молибдена установлена неоднородность концентраций их в цементите и перлите различных зон отбеленного кулачка. Наличие слоя переходных микронеоднородностей на границе цементита, перлита и выключений графита свидетельствует о диффузионном переносе не только атомов углерода, но и легирующих элементов. Кремний концентрируется в перлите. В светлом перлите его содержание в два раза выше, чем в темном. В цементите кремния нет или очень мало (не более 0,02%). Это связано с трудностями диффузионного переноса атомов кремния при больших скоростях охлаждения, что и способствует кристаллизации более светлого перлита в зонах чистого отбела и переходного слоя. Марганца в цементите несколько больше, чем в перлите. Однако в цементите серой зоны его концентрация выше. Никель концентрируется в основном в перлите, где его примерно в два раза больше, чем в цементите. Хрома в цементите в три раза больше, чем в перлите. В цементите серой зоны его концентрация несколько выше, чем в цементите чистого отбела. Такое микрораспределение хрома и марганца свидетельствует о лучших условиях диффузии атомов этих элементов при замедленной кристаллизации жидкого чугуна. Несколько необычна микроликвация молибдена. Хотя его содержание в цементите несколько выше чем в перлите, он иногда концентрируется на некоторых границах пластин цементита. Такое избирательное свойство микроликвации молибдена можно объяснить присутствием фосфора и скоплением фосфидной эвтектики между зернами структур. Исследованиями твердости отбеленного слоя в зависимости от концентрации молибдена в чугуне (до 0,3%) в присутствии хрома и никеля установлено повышение твердости чистого отбела с HRC 49,67 до HRC 53,34.

Оптимальное соотношение C, Si, Mn, Cr было установлено методом планирования эксперимента. Искали зависимость твердости HRC от концентрации C, Si, Mn и Cr . Содержание $Ni = 0,20-0,40\%$ $Mo = 0,15-0,30\%$ оставалось постоянным. После анализа полученного уравнения регрессии методом крутого восхождения был найден оптимум при твердости HRC 56,0 и химическом составе: 3,20% C; 2,03% Si; 0,86% Mn; 0,94% Cr. В результате зависимость между твердостью отбеленных структур и основными элементами химического состава чугуна выражается формулой

$$HRC = 52,31 - 0,562 C - 0,687 Si + 1,062 Mn + 1,687 Cr.$$

Подтверждена также гипотеза, что для повышения твердости структур в износостойком чугуна при оптимизации химического состава необходимо определить основные элементы, оказывающие решающее влияние на свойства структур. Второстепенные элементы можно оставить на ранее установленном уровне.

С целью установления теоретических твердостей по сечению отбеленных кулачков и возможности применения расчетных методов для оценки экспериментальных результатов проводили расчет твердости отбеленного кулачка распределительного вала, залитого в песчано-глинистую форму с холодильником. Исходные данные для расчета: время заливки - 15 с; приведенный размер верхней части кулачка - 0,0104 м; масса кулачка - 0,125 кг; ширина кулачка - 0,016 м; масса холодильника - 0,170 кг; $T_{\text{зал.}} = 1285^{\circ}\text{C}$. Химический состав чугуна: 3,2% C ; 2,1% Si ; 0,8% Mn ; 0,7% Cr ; 0,3% Ni ; 0,2% Mo ; 0,04% S и 0,14% P . Для удобства выполнения расчета кулачек разбивали на две части: затвердевающую у холодильника и в песчано-глинистой форме. По рассчитанным скоростям кристаллизации, приведенной сумме (C+Si)% и структурной диаграмме определены расчетные твердости, которые сравнивали с экспериментальными.

Проведенный теоретический расчет показал несовпадение расчетных и экспериментальных данных для отбеленной части кулачка. Это объясняется тем, что структурная диаграмма и приведенная сумма (C+Si)% не учитывают влияния легирующих элементов и модифицирования.

С целью учета влияния легирующих элементов и модифицирования при выборе свойств структур были построены экспериментальные графики зависимости твердости от структуры и химического состава для модифицированного и немодифицированного чугунов оптимального химического состава. На графиках структура определяется отношением $S_{\text{св}}/S_{\text{общ}}$. Химический состав учитывается коэффициентами графитизации, рассчитанными по преобразованной формуле Н.Г.Гиршовича:

$$K_{\text{Г}} = C[Si - 0,2(Mn - 1,7S - 0,3) + 0,1P + 0,4Ni - 1,2Cr - 0,4Mo].$$

Проведенными исследованиями установлено, что повышение содержания молибдена (0,15-0,30%) в чугуна увеличивает твердость отбеленного слоя (HRC 49,7-53,3) при введении ферромолибдена

в плавку вместе с шихтой. Легирование молибденом в указанных пределах путем добавления ферросплава в расплавленный чугун не оказывает значительного влияния на твердость отбеленного слоя. Методом планирования экспериментов показано повышение твердости отбеленных структур с увеличением содержания Cr , Mn . Максимальная твердость отбеленного слоя (HRC 56,0), кулачков достигается при содержании: 3,05–3,20% C ; 2,0–2,03% Si ; 0,83–0,86% Mn ; 0,75–0,94% Cr ; 0,20–0,40% Ni ; 0,15–0,30% Mo и модифицировании чугуна силикокальцием в количестве 0,05–0,15% от веса жидкого металла. Методами металлографического и рентгеноспектрального анализов установлено, что наиболее высокую твердость (HRC 48,0–56,0) имеют цементито-ледебурито-перлитные и ледебурито-перлитные структуры с низким содержанием перлита (менее 40%), образованию которых способствует оптимальное содержание C , Si , Mn , Cr , Ni , Mo и высокие скорости охлаждения. Исследованиями структур отбеленного слоя на кулачках распределительных валов установлены более высокая глубина и твердость отбеленного слоя у отливок, отлитых в облицованные кокили по сравнению с отливками из песчано-глинистых форм с холодильниками. Глубина и твердость отбеленного слоя повышается по мере удаления кулачков от питателей к середине отливки. Наименьшую глубину и твердость имели горизонтальные кулачки и наибольшую – кулачки, вершины которых направлены вниз. Это объясняется более высоким разогревом холодильников в песчано-глинистой форме и участков облицованных кокилей, оформляющих горизонтальные кулачки. Высокий нагрев их обусловлен длительным контактом с жидким чугуном в течение всего времени заполнения формы металлом.

В пятой главе исследованы свойства и установлены причины образования структур с пониженной твердостью в отбеленном слое. Такие структуры резко снижают твердость отбеленного слоя и увеличивают брак отливок.

Исследованиями микроструктур установлено два вида графита: мелкопластинчатый и хлопьевидный. На травленных микрошлифах микроструктура перлито-цементитная с длинными пластинами цементита по краям таких структур. С увеличением ширины "темной линии" от 1 мм до 3 мм повышалось содержание перлита от 91,0% до 93,97%. Твердость таких структур на HRC 10–25 ниже

по сравнению с отбеленными. Микротвердость цементита не изменялась и была равна $947,8 \text{ кгс/мм}^2$ во всех зонах отливки. Микротвердость перлита — $421,6 \text{ кгс/мм}^2$, а в отбеленном слое — $543,7 \text{ кгс/мм}^2$ и в переходной зоне — $357,0 \text{ кгс/мм}^2$. Исследованиями микроликвации элементов установлена большая микронеоднородность структур по сравнению с чистым отбелом. Местные всплески концентраций углерода свидетельствовали о крупных включениях графита диаметром до $40,0 \text{ мкм}$. На основании анализа проведенных исследований было сделано предположение, что такие структуры образуются в результате замедления скорости охлаждения кристаллизующегося чугуна и распада цементита. С целью проверки этой гипотезы отжигали образцы из легированного белого чугуна в печи при температуре 1100°C . В образцах, которые отжигались в течение двух часов, наблюдались структуры, подобные аномальным структурам отбеленной отливки. Аналогичные структуры были также получены в клиновидных отбеленных образцах и отливках распределительных валов, которые заливали с перерывом струи. Данные исследования подтвердили правильность вышеприведенных предположений о причинах образования структур с пониженной твердостью и определили методы борьбы с этим дефектом.

Шестая глава посвящена исследованию износостойкости отбеленных структур в лабораторных условиях, деталей распределительных валов на стендовых двигателях и двигателях в эксплуатации и разработке технологических процессов литья. Определен экономический эффект процесса литья распределительных валов в облицованные кокили взамен песчано-глинистых форм.

Лабораторными исследованиями отбеленных кулачков с цементито-ледебурито-перлитными и ледебурито-перлитными структурами на машине Шкода-Савина установлено уменьшение износа ($68,5 \cdot 10^{-3}$ – $62,0 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3$) при повышении твердости (HRC 48,0 – 54,8).

Исследование износостойкости распределительных валов на стендовых двигателях проводили в соответствии с ГОСТ 14846–69. Парой служили чугунные отбеленные коромысла клапанов. Стендовые испытания в течение 300 часов форсированного режима работы (5800 об/мин коленчатого вала) двигателя не выявили износа вершин кулачков распределительных валов, твердость которых

была НРС 48,0-54,0. Отбеленные пятки коромысел клапанов (твердость НРС 48,0) имели износ 0,007 мм.

Производственными испытаниями на двигателях в эксплуатации установлено, что после пробега автомобиля 125000-150000 км износ вершин кулачков с твердостью НРС 51,0-53,0 составил 0,2-0,5 мм, что не отразилось на общей работоспособности двигателей. Износ неотбеленных шеек при том же пробеге - 0,005-0,021 мм. После пробега 66000 км износ вершин кулачков с твердостью НРС 48,0 составил 0,3 мм и с твердостью НРС 44,0-0,8 мм. Износ отбеленных пятки коромысел клапанов с твердостью НРС 51,0 после пробега 125000-150000 км составлял 0,015 мм, неотбеленного посадочного места на стальную ось - 0,005-0,010 мм. Износ отбеленной пятки с твердостью НРС 48,0 после пробега 66000 км - 0,3 мм, что было признано вполне удовлетворительным для такого двигателя.

Результаты проведенных исследований дали возможность определить параметры рациональных технологических процессов литья распределительных валов для серийного и массового производства.

Для серийного производства рекомендуется процесс литья в песчано-глинистую форму с секционными холодильниками. Формы изготавливаются на формовочных машинах. Отливки в опоке располагают горизонтально. Жидкий чугун подводится в опорные шейки по длине отливки либо только в торцы. Перед наполнением формы смесью на подмодельную плиту устанавливаются секционные холодильники толщиной 17 мм.

Для массового производства совместно с НИИСЛ г. Одесса разработан процесс литья в облицованные кокили. Нанесение термоизоляционной облицовки (плакированной смеси) на полукокили производится на пескоструйных либо пескодувных машинах через отверстия в кокиле в зазор, образованный рабочими поверхностями модели и кокиля. Необходимая толщина облицовки обеспечивается заданным зазором и находится в пределах 3-6 мм по рабочему гнезду кокиля и 6-8 мм на элементах литниковой системы. Полимеризация облицовки происходит за счет тепла предварительно нагретых моделей и кокиля. Для легкого отделения облицовки от модели при ее извлечении из кокиля применяется разделительная жидкость - раствор синтетического термостойкого каучука

марки СКТ в уайт-спирите (1:10) .

Металл плавится в индукционных электропечах либо duplex-процессом: дуговая электропечь—индукционная электропечь, выпускается в ковш, где модифицируется силикокальцием в количестве 0,05–0,15% от веса жидкого чугуна. Количество модификатора определяется по клиновой пробе. Рекомендуемая температура заливки металла для песчано-глинистых форм 1350–1370°C, для облицованных коклей 1285–1325°C.

Экономический эффект от внедрения технологического процесса литья распределительных валов в облицованные кокли на автоматической линии взамен литья в песчано-глинистые формы составляет 386,7 тыс.руб. Срок окупаемости капитальных затрат – 1,5 года.

Распределительные валы, изготовленные по данной технологии, были установлены на двигателях автомобилей "Москвич-412", принимавших участие в авторалли Лондон-Сидней, Лондон-Мехико, ту Европы и др., показали высокую износостойкость. В настоящее время такие распределительные валы устанавливаются на все двигатели автомобилей "Москвич-412".

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Исследовано влияние химического состава чугуна и технологических факторов на структуру литых распределительных валов с отбеленными кулачками.

Разработан химический состав износостойкого чугуна ($C = 3,1-3,2\%$; $Si = 2,0-2,3\%$; $Mn = 0,45-0,86\%$; $Cr = 0,8-0,94\%$; $Ni = 0,2-0,4\%$; $Mo = 0,15-0,30\%$; $S \leq 0,04\%$ и $P \leq 0,2\%$) и параметры технологических процессов литья распределительных валов, обеспечивающих получение отливок с регулируемым свойствами отбеленных структур и высокой износостойкостью.

2. Исследовано влияние толщины и температуры холодильников на твердость отбеленных структур кулачков распределительных валов.

На основании полученных экспериментальных данных разработаны рекомендации по выбору толщины холодильника и толщины стенок облицованного кокля для отливок типа распределительных валов.

3. Исследовано изменение структур по сечению отливок распределительных валов.

Показано, что при литье в облицованные кокили отливки имеют более стабильную и высокую твердость отбеленного слоя, чем при литье в песчано-глинистые формы с холодильниками. Твердость отбеленных структур таких отливок повышается с увеличением толщины кокиля.

4. Исследованы зависимости структуры отбеленных кулачков от химического состава чугуна и модифицирования.

Показана возможность регулирования полезной глубины (4-6 мм) и твердости (HRC 48,0-56,0) отбеленных структур путем изменения содержания C , Si , Mn , Cu в износостойком чугуне оптимального химического состава и модифицированием силикокальцием в количестве 0,05-0,15% от веса жидкого металла.

5. Установлено, что чугуны, выплавленные в высокочастотных индукционных электропечах, имеют меньшую склонность к образованию переохлажденных метастабильных структур, чем аналогичные чугуны, выплавленные в дуговых электропечах. Меньшая склонность к транскристаллизации чугунов индукционной плавки значительно улучшает качество отливок.

Разработаны технологические режимы плавки износостойкого чугуна в индукционных электропечах.

6. Методами металлографического, рентгеноспектрального анализов и исследованием износостойкости отливок показано, что для достижения высокой износостойкости необходимо иметь отбеленный слой с цементито-ледебурито-перлитными либо ледебурито-перлитными структурами (содержание перлита не более 40% и твердость HRC 48,0 не менее).

7. Исследованы свойства и причины образования аномальных структур с пониженной твердостью отбеленного слоя.

Установлено, что причиной их образования является замедление скорости охлаждения кристаллизующегося чугуна и распад цементита. Разработаны методы борьбы с этим видом дефекта литья.

8. Результаты исследований параметров технологического процесса использованы при проектировании (НИИСП г. Одесса) автоматической линии литья распределительных валов с регулируемыми свойствами отбеленных структур в облицованные кокили.

9. Экономический эффект от внедрения технологического процесса литья распределительных валов с отбеленными кулачками в облицованные кокили взамен песчано-глинистых форм с холодильниками составляет 386,7 тыс.руб. в год. Срок окупаемости капитальных затрат - 1,5 года.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. И.А.ГОРБАЧЕВ, М.Я.ТЕЛИС. Литой распределительный вал из чугуна с дифференцированной структурой для двигателя автомобиля "Москвич-412". "Автомобильная промышленность", № 10, 1970.

2. М.Я.ТЕЛИС, И.А.ГОРБАЧЕВ. Отливка коромысел клапана из чугуна с дифференцированной структурой для двигателя "Москвич-412" методом точного литья по выплавляемым моделям. "Автомобильная промышленность", № 7, 1970.

3. И.А.ГОРБАЧЕВ, В.С.ЛАРИН, Л.И.РЫЛОВ. Влияние технологии плавки на твердость фасонных отливок из отбеленного чугуна. "Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара", Полтава, 1972.

4. И.А.ГОРБАЧЕВ, А.А.ЖУКОВ, М.Я.ТЕЛИС, В.С.ЛАРИН. Структурообразование в отливках с регулируемым отбелом. "Литейное производство", № 9, 1972.

5. И.А.ГОРБАЧЕВ, А.А.ЖУКОВ. Устранение структур пониженной твердости в отбеленном слое чугунных отливок. "Литейное производство", № 7, 1975.