

добавка 4 заполняет поры смеси и внедряется в глинистую пасту. При ее введении через глинисто-угольную суспензию имеет место более равномерное распределение по глинистой оболочке (рис. 1, в).

Характер рассредоточения жидких противопригарных добавок более существенно зависит от их природы и порядка ввода. Особенно существенно это для жидких гидрофобных добавок. Так, если гидрофобизатор ГФК-1 подается непосредственно в смешивающие бегуны, добавка пятнообразно распределяется на глинистых оболочках (рис. 1, з). В этом случае она работает малоэффективно. При подаче жидкой гидрофобной добавки в высоковязкую глинистую суспензию ее диспергированные частицы находятся внутри глинистых оболочек (рис. 1, д). Достигается равномерное распределение противопригарной добавки, однако, как правило, внутри глинистых пастообразных оболочек. Наибольший коэффициент полезного действия жидкой противопригарной добавки наблюдается при предварительном ее эмульгировании перед подачей в суспензию (рис. 1, е). При этом противопригарная добавка равномерно покрывает глинистую оболочку, поэтому для предотвращения пригораемости смеси ее требуется в меньшем объеме, чем при вводе в бегуны или при диспергировании в глинистой суспензии.

Распределение гидрофилитных жидких противопригарных добавок при вводе их в глинистую суспензию происходит также по схеме, представленной на рис. 1, е. Следовательно, применение жидких гидрофобных противопригарных добавок в виде эмульсии или суспензии является наиболее перспективным для приготовления формовочных смесей.

УДК 621.74:621.7.016.2

Л.Р. ДУДЕЦКАЯ, канд. техн. наук,
А.И. ПОКРОВСКИЙ (ФТИ)

ВЫБОР ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СПОСОБА ЛИТЬЯ ЧУГУННЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

В последнее время расширяются исследования чугунов, подвергаемых горячей пластической деформации. Опробованы различные способы формообразования таких малопластичных материалов, из которых наиболее эффективно горячее прессование [1]. В определенных температурно-силовых интервалах деформированию могут подвергаться чугуны многих классов. При этом свойства деформированных изделий значительно повышаются, что позволяет увеличивать срок их эксплуатации, а также снизить массу за счет уменьшения сечений.

Вместе с тем остается актуальной проблема исследования исходной структуры и свойств чугунов, поскольку они влияют на деформируемость готового изделия и во многом определяют его свойства.

Объектом исследования была заготовка для получения толкателя клапана двигателя внутреннего сгорания трактора МТЗ-80. Технология его изготовле-

ния предусматривала выплавку и механическую обработку заготовки диаметром 34 мм и высотой 18 мм, горячее гидродинамическое выдавливание [2].

Условия выплавки и состав чугуна для заготовки должны были обеспечить выполнение следующих требований: отсутствие внутренних и наружных дефектов; однородность структуры по сечению; удовлетворительная деформируемость; твердость не ниже 55 HRC₃ и высокая износостойкость. При этом необходимо было учитывать возможность частичного распада карбидной фазы в процессе деформирования.

Опробовались следующие способы литья заготовок: в сырые песчано-глинистые формы, в стержни из быстротвердеющей смеси, непрерывное литье. В первом случае в теле заготовки обнаружены поры и раковины, которые при деформировании вскрываются. Непрерывное литье обеспечивает получение плотной бездефектной заготовки с хорошей поверхностью, но с неоднородной структурой из-за различной скорости охлаждения по сечению. При литье в стержни получены бездефектные заготовки с однородной структурой, наиболее полно удовлетворяющие поставленным требованиям.

Выплавлялись доэвтектические низколегированные чугуны с углеродным эквивалентом $C_e = 3,9...4$ % различных классов: серый, высокопрочный, половинчатый. Плавка проводилась в индукционной печи вместимостью 150 кг по известной технологии. Чугун заливался в стержни из быстротвердеющей смеси. Химический состав опытных плавок чугунов приведен в табл. 1.

С целью перлитизации структуры в большинство сплавов вводили марганец. Легирование никелем обеспечивало предотвращение закалочных трещин. Введение в чугуны хрома или ванадия способствовало образованию при кристаллизации карбидной фазы. Сплав № 9 модифицировали магниевой лигатурой для получения графита шаровидной формы и повышения его пластичности. Оценка структуры чугунов приведена в табл. 2.

Для оценки однородности структуры сплава определялось содержание графита по сечению отливки на установке "Омнимет" со сканированием через 1 мм. Результаты, приведенные на рис. 1, а, показывают, что разброс его значений не превышает 1...2 %, т. е. структура полученных отливок однородна по сечению.

Табл. 1. Химический состав чугунов опытных плавок, %

Номер сплава	C	Si	Mn	Cr	Ni	Sb	B	Zr	V	Cu	Mg
1	3,4	1,6	0,6	—	0,5	—	—	—	—	—	—
2	3,4	1,6	1,2	—	0,5	—	—	—	—	—	—
3	3,4	1,6	1,2	0,7	0,5	—	—	—	—	—	—
4	3,4	1,6	1,2	0,7	0,5	0,17	—	—	—	—	—
5	3,4	1,6	1,2	0,7	0,5	—	—	0,2	—	—	—
6	3,4	1,6	1,2	0,7	0,5	—	0,05	—	—	—	—
7	3,4	1,6	1,2	0,7	0,5	—	0,05	0,2	—	—	—
8	3,4	1,9	1,2	0,7	0,5	—	0,001	0,2	0,4	—	—
9	3,5	1,9	0,6	—	0,7	—	0,002	—	0,6	1,2	0,06

Примечание. Содержание серы — до 0,02 %, фосфора — до 0,06 %.

Табл. 2. Структура и твердость исследуемых сплавов

Номер сплава	Графит				Цементит	Металлическая основа		Твердость HRC ₃	
	Г _ф	Г _{раз}	Г _р	Г		П	П _д	Литое состояние	Закалка с 950 °С
1	2	180	9	12	—	6	0,5	4	45
2	2	90	9	10	—	45	0,3	10	45
3	2	45	9	10	Ц4	96	0,3	24	48
4	2	45	9	10	Ц4	96	0,3	33	50
5	2	45	9	10	Ц4	96	0,3	20	48
6	2	45	9	6	Ц10	96	0,3	27	58
7	2	45	9	6	Ц10	96	0,3	33	55
8	2	45	9	12	Ц4	96	0,3	25	55
9	13	45	—	10	Ц2	85	0,3	29	60

ДюрOMETрический анализ чугунов в литом состоянии и после закалки с 950 °С показал, что наибольший прирост твердости (более 35 HRC₃) получен у серых чугунов № 1 и 2, однако абсолютные значения достигнутой при закалке твердости (45 HRC₃) невелики. У чугунов, имеющих в структуре ледебуритную эвтектику, твердость повышается на 20...30 HRC₃. Максимальная твердость получена у сплавов, легированных бором и цирконием. Высокой твердостью после закалки отличается также чугун с шаровидным графитом, легированный ванадием, медью и бором.

Таким образом, с точки зрения обеспечения максимальной твердости после закалки наилучшими оказались чугуны № 6 и 7 с добавками бора и циркония, а также легированный высокопрочный чугун № 9.

Результаты количественной оценки структуры сплава приведены на рис. 1, б. Наибольшее содержание графита (около 12...15 %) имеет место в чугунах первой группы, цементит в них отсутствует. У половинчатых чугунов с увеличением степени легирования карбидообразующими элементами содержание графита уменьшается с 10 до 6 %, в то же время содержание цементита возрастает с 3 до 6 %.

Результаты испытаний на износостойкость (рис. 1, в) показывают, что введение в состав чугуна 1,2 % марганца (сплавка № 2) способствует повышению износостойкости сплава в 1,5 раза, а легирование 0,7 % хрома повышает износостойкость еще на 10...20 % за счет образования ледебуритной эвтектики. Наилучшей износостойкостью обладают сплавы № 4—7. По возрастанию влияния на износостойкость микродобавки можно расположить следующим образом: Sb, В, Zr.

Способность чугунов к пластическому формообразованию оценивали по максимальной степени деформации при испытаниях на осадку (ГОСТ 8817—82), поскольку характер нагружения при этом близок к применяемому в реальном процессе выдавливания. Из рис. 1, г видно, что с увеличением степени легирования прочность чугуна растет, а пластичность падает. Исключением является чугун плавки № 9, имеющий самые высокие прочность и пластичность.

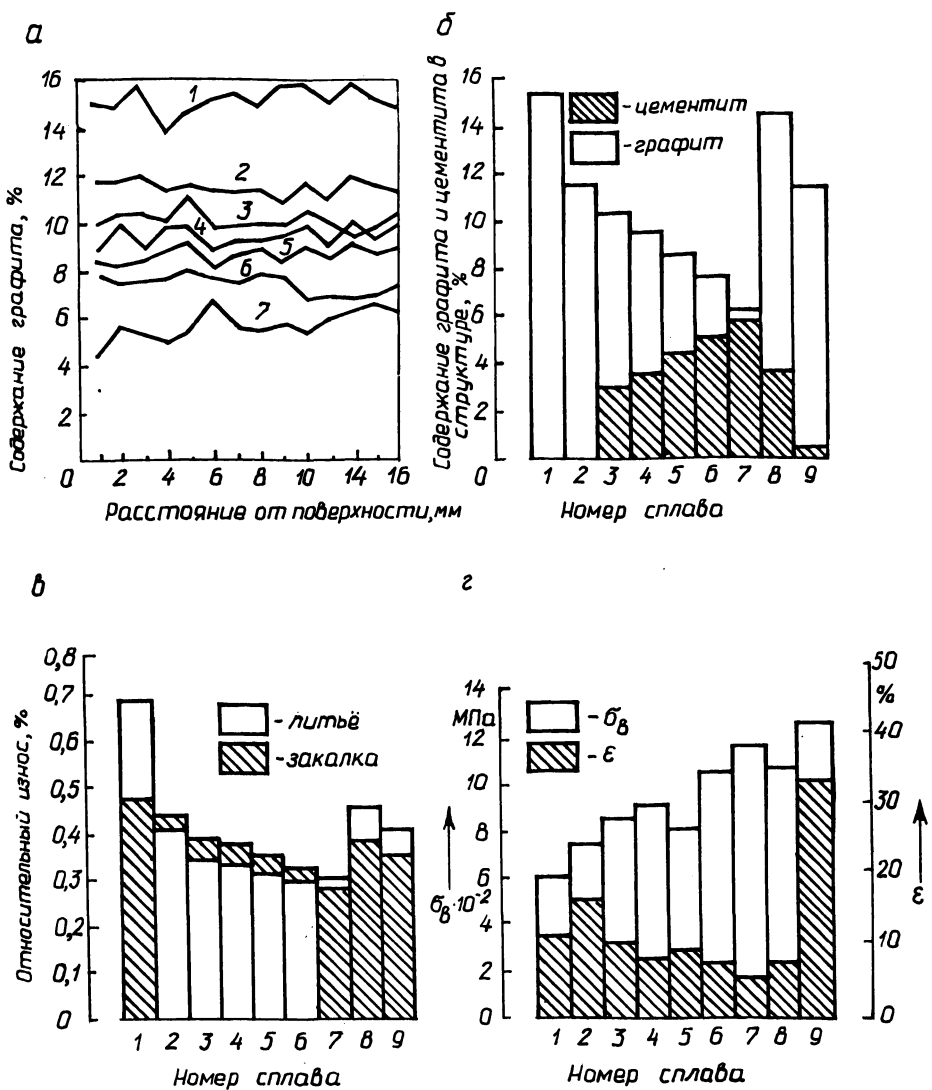


Рис. 1. Свойства исследуемых чугунов:
 а – распределение графита по сечению отливки; б – содержание графита и цементита в структуре; в – износостойкость; г – прочность и пластичность

Таким образом, наилучшим из исследованных способов получения заготовок для выдавливания является литье в стержни из быстротвердеющей смеси. Требованиям к свойствам заготовки для выдавливания удовлетворяет чугун с шаровидным графитом, легированный ванадием, медью и бором. Дальнейшим направлением исследований является повышение пластичности полвинчатых чугунов за счет предварительной термической их обработки, повы-

шение износостойкости высокопрочного чугуна путем легирования карбидообразующими элементами или путем кристаллизации при более высоких скоростях охлаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К л ю ч н и к о в С.И. Ковка и штамповка чугуна // Кузнечно-штамповоч. пр-во. — 1961. — № 3. 2. Износостойкие деформируемые чугуны / Ю.Т. Антонышин, Л.Р. Дудецкая, В.И. Гуринович, А.И. Покровский: Информлисток БелНИИНТИ. Сер. 55.09.31. — 1987. — № 87-104.

УДК 621.74:669.131

С.С. ГУРИН, Г.И. КЛЕЩЕНОК, кандидаты техн. наук,
В.О. СТРУЧКОВ (БПИ)

СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕГИРОВАННОГО СЛОЯ С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ МОДИФИЦИРОВАНИИ

При поверхностном модифицировании магнием тонкостенных чугунных отливок получение слоя с шаровидным графитом затруднено из-за большой скорости кристаллизации заливаемого расплава. Быстрое образование корочки затвердевшего металла на поверхности отливки практически полностью исключает приток атомов из покрытия, так как скорость массопереноса магния в твердом металле на несколько порядков ниже, чем в жидком. Повышение эффективности процесса можно обеспечить введением в модифицирующий состав экзотермических добавок на основе алюминия и оксидов хрома, молибдена и ванадия. При этом в результате протекания восстановительных реакций происходит разогрев зоны контакта покрытие — металл и легирование поверхностного слоя отливки элементами, восстановленными из оксидов. В зависимости от толщины образующегося слоя и степени его легированности изменяется количество, размер и форма графитных включений, а также физико-механические свойства поверхности отливки. Процесс формирования на чугунных отливках легированного слоя с шаровидным графитом при использовании модифицирующих покрытий с фтористым магнием и экзотермической добавкой на основе алюминия и оксидов хрома, молибдена и ванадия схематично по стадиям можно представить следующим образом (рис. 1).

В процессе заливки металла 4 в форму 1 и в течение некоторого времени после ее заполнения происходит прогрев компонентов модифицирующего покрытия 2 до температуры начала экзотермической реакции. Время достижения этой температуры зависит от массы отливки и толщины покрытия, а также температуры заливки. С увеличением массы отливки и температуры заливки, а также уменьшением толщины покрытия продолжительность прогрева сокращается.

После заполнения металлом полости литейной формы в течение прогрева покрытия может образоваться корочка затвердевшего металла 3 толщиной δ (рис. 1, а). При достижении температуры начала экзотермической реакции между компонентами добавки начинается взаимодействие, приводящее к вы-