

Литые образцы лабиринтной пробы для определения жидкотекучести служили также для качественной оценки трещиностойчивости сплавов. Трещиностойчивость сплавов системы алюминий – кремний в исследованном интервале концентраций достаточно высока. Практически все образцы не имели трещин. В то же время все образцы из сплавов системы алюминий – медь были с продольными и поперечными трещинами. В большинстве случаев направление трещин совпадает с направлением движения металла в форме. При этом на затвердевших образцах заметна структура потока. Очевидно, сплавы этой системы более склонны к взаимодействию с окружающей атмосферой и образованию оксидных плен и других неметаллических включений. Формирование указанных загрязнений при литье под давлением вызывается высокой дисперсностью расплава, заполняющего полость формы. Наличие трещин обусловлено также значительной усадкой сплавов данной системы по сравнению со сплавами системы алюминий – кремний.

Таким образом, при литье под давлением сплавы системы алюминий – медь, не уступая значительно сплавам системы алюминий – кремний по жидкотекучести, отличаются большей склонностью к трещинообразованию и окислению.

УДК 621.746

А.М. ДМИТРОВИЧ (БПИ), В.Л. РАССУДОВ, кандидаты техн. наук,
И.В. ШИРОЧИН (НИИЛитавтопром)

ТВЕРДОСТЬ ЦИЛИНДРОВЫХ ГИЛЬЗ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСЛЕ ЗАКАЛКИ ТВЧ

Заданный моторесурс дизельных двигателей обеспечивается гильзами цилиндров, подвергающимися поверхностной термической закалке ТВЧ при твердости рабочей поверхности 42...50 HRC₃. В серийном же производстве при изготовлении заготовок гильз центробежным способом на карусельно-кокильных машинах мод. 4933 твердость закаленных гильз нестабильна и составляет 32...46 HRC₃, что приводит к значительной их отбраковке.

Исследовались возможности повышения и стабилизации твердости гильз после поверхностной их закалки путем снижения углеродного эквивалента в гильзовом чугуна, позволяющего получить оптимальную исходную структуру, вариации скорости вращения центрифуг центробежных машин с целью выравнивания твердости по сечению отливки и за счет выбора оптимальных припусков на механическую обработку рабочей поверхности заготовки и режима модифицирования чугуна.

Чугун для литья заготовок плавился в режиме триплекса-процесса, включающего плавку в 22-тонной индукционной печи промышленной частоты, накопление в 60-тонном индукционном канальном миксере и разливку с помощью индукционного канального стопорного миксера мод. 4628 вместимостью 2,5 т, и разливался на карусельно-кокильных машинах по действующей технологии. Температура разливки колебалась в пределах 1380...1410 °С.

На внутреннюю поверхность кокилей при литье заготовок гильз центробежным способом наносился слой стандартного теплоизолирующего покры-

тия, имеющего следующий состав (кг): песок кварцевый КК026 – 100, смола СФ015 – 47, 33 %-й водный раствор уротропина 1, стеарат кальция – 0,2, ферросилиций молотый ФС75 – 4,5.

Работы проводились на карусельно-кокильной машине центробежного типа, на двух секциях которой были установлены шкивы электродвигателей, обеспечивающие следующие частоты вращения центрифуг: 1000 об/мин – соответствующим действующему производству; 860, 800 и 680 об/мин – исследуемые.

Исследования проводились по следующей методике. После разогрева кокиля заливались жидким металлом и отбирались четыре гильзы, полученные при заданных частотах вращения. Отбор производился в два этапа. На первом этапе заготовки заливались чугуном следующего химического состава (массовая доля, %): 3,39...3,43 C; 2,11...2,29 Si; 0,6...0,8 Mn; 0,2 P; 0,03...0,08 Ti; 0,3...0,6 Cu; 0,3...0,45 Cr; 0,12 Ni; S ≤ 0,12. На втором этапе порция чугуна, предназначенная для перелива из миксера-копильника в миксер-дозатор, при заливке в транспортный ковш подвергалась предварительному модифицированию увеличенной добавкой дробленого ферросилиция ФС75 (0,3 %) и гранулированным графитом (0,3 % от массы порции, составляющей 1,8 т). Предварительная обработка доливаемой порции ферросилицием и гранулированным графитом должна была повысить эффект жидкого модифицирования чугуна, длительности его сохранения и положительно повлиять на качество заготовок.

В результате были отобраны несколько партий заготовок, полученных при исследуемых частотах вращения центрифуг, с целью оценки следующих параметров отливок: наличия вмятин на наружной поверхности; глубины насыщения поверхности отливки кварцитами; твердости наружной и внутренней поверхности; микро- и макроструктуры заготовок; содержания химических элементов в чугуне заготовок.

Необходимость определения глубины насыщения наружной поверхности отливки кварцитами и ее твердости вызывалась следующим обстоятельством. Закалочная твердость гильз тем выше, чем выше твердость исходной сырой заготовки. Следовательно, для повышения закалочной твердости достаточно было бы изменить химический состав чугуна за счет введения в него легирующих добавок Cr, V, Ti и т. д. Однако при этом ухудшается обрабатываемость заготовок резанием, особенно если их наружная поверхность из-за недостатков технологии насыщается кварцитами.

В результате исследований гильз установлено положительное влияние снижения частоты их вращения с 1000 об/мин до 680 об/мин на исследуемые характеристики заготовок без ухудшения качества поверхностей. Изменение частоты вращения за счет уменьшения давления жидкого металла на теплоизоляционное покрытие кокиля несколько снижает контакт отливки с формой, что в свою очередь затрудняет теплообмен между ними. Результатом этого является снижение скорости охлаждения отливок и твердости наружной поверхности. Так, при $n = 680$ об/мин твердость составляет 217...230 НВ вместо 243...255 НВ. Уменьшается и среднее значение глубины слоя отливки, пораженного междритным точечным графитом, являющимся при превышении припуска на механическую обработку браковочным признаком.

Одновременно происходит уменьшение глубины насыщения поверхностных слоев отливки включениями кварцитов. Если при $n = 1000$ об/мин она со-

Табл. 1. Влияние концентрации углерода и кремния на твердость центробежнолитых заготовок при частоте вращения центрифуг 680 об/мин

Химический состав, % (по массе)		Отношение Si/(C + Si)	Твердость НВ		Твердость HRC ₃ после закалки	
C	Si		наружной поверхности	внутренней поверхности	наружной поверхности	внутренней поверхности
3,26	2,13	0,395	228	197	51,6	41
3,22	2,1	0,393	220	194	52	42,7
3,3	2,13	0,392	207	197	47,6	42
3,23	2,1	0,404	205	183	46,8	38,7
3,25	2,25	0,41	197	180	41	38,8
3,59	2,26	0,385	223	197	49	37,1
3,24	2,23	0,408	226	195	49,1	36,8
3,29	2,26	0,407	204	195	48,1	44
3,23	2,19	0,404	201	187	45,8	41,7

ставляла 1...1,5 мм, то при $n = 680$ об/мин имеются колонии до 0,6 мм и отдельные включения. Первые могут быть полностью удалены при дробеметной обработке, вторые, по опыту предыдущих исследований, не влияют на обрабатываемость заготовок резанием.

Зафиксированное снижение твердости наружной поверхности в связи со снижением скорости вращения центрифуг позволяет, с одной стороны, улучшить обрабатываемость отливок резанием, с другой, дать возможность поднять общую твердость заготовок за счет технологических мероприятий, сохранив обрабатываемость на прежнем уровне, но повысив при этом твердость гильз в литом состоянии, а следовательно, и в закаленном. Одним из мероприятий по повышению твердости заготовок является снижение содержания углерода и кремния в гильзовом чугуне.

Данные по влиянию концентрации углерода и кремния на твердость заготовок приведены в табл. 1. Как следует из таблицы, снижение содержания углерода и кремния не дает стабильных результатов. Разброс твердости составляет 31...47 HRC₃. Следовательно, одного мероприятия, заключающегося в снижении содержания углерода и кремния в сочетании с эффективным модифицированием, недостаточно для гарантированного получения твердости закаленного слоя на уровне 42...50 HRC₃. Основной причиной разброса твердости является колебание припуска по внутренней поверхности в связи с нестабильной дозировкой металла электронным взвешивающим устройством. Кроме того, анализ полученных данных указывает на то, что твердость гильз после закалки повышается с уменьшением отношения Si/(C + Si).

Дополнительным резервом повышения твердости после закалки может служить уменьшение частоты вращения центрифуг центробежной машины, способствующее снижению ликвации углерода к внутренней поверхности отливки, содержания и размера графитовых включений в закаливаемом слое гильзы.

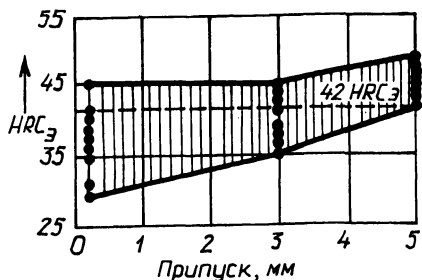


Рис. 1. Зависимость твердости гильз после закалки от припуска на механическую обработку



Рис. 2. Влияние частоты вращения центрифуги на распределение твердости по сечению гильзы:

a – припуск при $n = 1100$ об/мин; *b* – уменьшение припуска при $n = 680$ об/мин

При исследовании влияния частоты вращения центрифуг на твердость гильз после закалки при частотах 1000...680 об/мин было установлено, что с уменьшением частоты вращения имеет место повышение твердости на 1...4 HRC₃, не носящее стабильного характера из-за колебаний припуска на механическую обработку по причине неточности дозирования жидкого чугуна.

Для определения влияния припуска на механическую обработку на закалочную твердость рабочей поверхности была проведена серия экспериментов, устанавливающих распределение твердости по сечению заготовок. На рис. 1 показано распределение твердости по сечению в пределах припуска на механическую обработку. Из него следует, что на глубине 5 мм от внутренней поверхности твердость после закалки находится в пределах выше 42 HRC₃. Следовательно, если назначить припуск на механическую обработку по внутренней поверхности в пределах 5 мм, можно гарантированно получить необходимую твердость. Однако величина этого припуска зависит от скорости вращения центрифуги. Как следует из рис. 2, на котором показано распределение твердости по сечению отливки в зависимости от частоты вращения центрифуги, при $n = 1100$ об/мин твердость 42 HRC₃ достигается только на глубине 7 мм.

Таким образом, на основе проведенных исследований были приняты следующие изменения к действующему технологическому процессу: снижение содержания углерода и кремния в гильзовом чугуне соответственно до 3,2...3,5 % и 1,8...2,2 %; уменьшение частоты вращения центрифуг карусельно-кокильных машин до 680 об/мин; увеличение припуска на механическую обработку резанием по внутреннему диаметру заготовки до 5 мм.

Модернизированный технологический процесс внедрен на Костромском заводе "Мотордеталь" с экономическим эффектом 180 тыс. р. в год.