

*The article shows possibility of use of high-duty cast iron in production of heaters elements. The authors give recommendations which allow to produce this high-duty cast iron at the lowest costs.*

Д. А. ХУДОКОРМОВ, А. Г. СЛУЦКИЙ,  
В. А. КИШКЕВИЧ, БГПА

## ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЧШГ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОКОНФОРК

Конфорки бытовых электрических плит работают в достаточно тяжелых условиях термоциклических нагрузок и высокотемпературной газовой коррозии. Поэтому к материалу для их изготовления предъявляются особые требования по коррозионной и термоциклической стойкости. Вместе с тем материал для отливок "корпус электроконфорки" должен обладать хорошими технологическими свойствами: жидкотекучестью, отсутствием сколько-нибудь значительной усадки, поскольку отливка "корпус электроконфорки" при достаточно сложных геометрических формах своих поверхностей должна иметь высокую размерную точность (в пределах 0,1—0,2 мм). В настоящее время практически все производители в качестве материала для отливок "корпус электроконфорки" используют серый чугун (СЧ), в полной мере удовлетворяющий требованиям хороших технологических свойств. Но в ходе эксплуатации электроконфорок становится очевидной малая пригодность серого чугуна как материала для их изготовления. Наличие в СЧ включений пластинчатого графита (ПГ) отрицательно сказывается на его жаростойкости и жаропрочности, т. е. свойствах, определяющих работоспособность материала при данных условиях эксплуатации. Жаростойкость и жаропрочность являются комплексными эксплуатационными свойствами, которые определяются тепло- и температуропроводностью, термоциклической стойкостью, ростоустойчивостью и стойкостью к высокотемпературной газовой коррозии. Тепло- и температуропроводность СЧ по сравнению с другими видами чугунов достаточно высока, что подтверждается всеми без исключения исследователями. Она определяется при прочих равных условиях особенностями строения графитных включений в СЧ и значительно превосходит тепло- и температуропроводность чугуна с шаровидным графитом (ЧШГ) и даже чугуна с вермикулярным графитом (ЧВГ), находясь на одом уровне с тепло- и температуропроводностью ковкого чугуна (КЧ), что является несомненным достоинством СЧ как материала для электроконфорок. Но, положительно влияя на тепло- и температуропроводность, включения ПГ способствуют проникновению кислорода воздуха в глубь отливки, поэтому СЧ имеет малую ростоустойчивость и стойкость к высокотемпературной газовой коррозии, а известный эффект "надре-

зания" металлической основы острыми кромками включений ПГ придает СЧ практически нулевую пластичность и малую термоциклическую стойкость. Поэтому, несмотря на высокие показатели тепло- и температуропроводности, СЧ не обеспечивает достаточной надежности и долговечности изготовленных из него корпусов электроконфорок. Часто отмечается преждевременный выход электроконфорок из строя из-за разрушения или чрезмерного коробления корпуса, случающихся значительно раньше гарантийного срока. Попытки увеличить срок службы электроконфорок путем легирования исходного расплава или термодиффузионного насыщения поверхности полученных изделий существенного выигрыша в долговечности изделий не принесли, одновременно усложняли технологию и удорожали изделие. Очевидно, только отказавшись от применения СЧ в пользу ЧШГ и ЧВГ, можно получить значительный прирост срока службы изделий. Это подтверждается данными, экспериментально полученными при исследовании некоторых эксплуатационных свойств чугунов различных видов в лаборатории МСиЛМ (см. таблицу).

Термостойкость различных типов чугуна

Количество трещин после 100, 150 и 200 циклов	СЧ	ЧШГ	ЧВГ	КЧ
100	10	4	—	3
150	25	7	5	6
200	32	11	20	13

Кроме СЧ, из всех приведенных выше типов чугуна наиболее простой и дешевый ЧШГ, поскольку он не требует применения дорогостоящих комплексных модификаторов, как ЧВГ, или длительной операции графитизирующего отжига, как КЧ. Но в условиях завода "Полесьеэлектромаш" применение ЧШГ как материала для отливок "корпус электроконфорки" по ряду причин затруднительно. Во-первых, получение качественного ЧШГ требует очищенных от серы шихтовых материалов. Во-вторых, отливки из ЧШГ технологически отличаются от производимых в настоящее время отливок из СЧ, поскольку возникает необходимость в изменении конструкции литниково-питающей системы. В-третьих, так как ЧШГ имеет значительную усадку в твердом состоянии, а отливка "корпус электрокон-

форки" является весьма точной, существующие модели и сборочные штампы для отливок из ЧШГ не пригодны.

С целью изучения возможности получения отливок "корпус электроконфорки" из ЧШГ и последующего внедрения разработанной технологии на заводе "Полесьеэлектромаш" на литейном участке лаборатории МСиЛМ был проведен ряд опытных плавов. В качестве шихты использовали корпуса снаряженных артиллерийских снарядов. Их использование одновременно позволило решить задачу утилизации списанных боеприпасов и получение дешевой, очищенной от серы шихты. Плавку шихты проводили в тигельной индукционной печи емкостью 60 кг с кислой футеровкой. При доводке расплава по химическому составу достаточно увеличить концентрацию кремния и углерода в расплаве, для чего применяли ферросилиций ФС45 и карбюризатор на основе древесного угля. Обе эти добавки достаточно дешевые и недефицитные. Причем при добавке в шихту динамной стали, как это имеет место на заводе "Полесьеэлектромаш", навеску вводимого ферросилиция можно уменьшать. Модифицирование магнием проводили с помощью лигатуры ФСМг5, загружаемой в ковш непосредственно перед наполнением его металлом из печи. Заливка производилась в сырые песчано-глинистые формы, собранные в стопку. Для предупреждения усадочных дефектов питание отливок осуществлялось через боковую прибыль, которая одновременно являлась и стояком. Масса прибыли-стояка составляла 15% от массы отливки. Контроль качества отливок — визуальный, эффективность сфероидизирующего модифицирования определялась методом металлографического анализа. В данной серии плавов модификатор ФСМг5 вводился в количестве 1,2 и 0,8% от массы обрабатываемого металла. Металлографический анализ показал, что даже при недостатке модификатора графит в чугуна приобретает шарообразную форму. Микроструктура чугуна на исследованных образцах состояла из перлито-ферритной матрицы и шаровидного графита размером ШГд45, распределением ШГр1 и формой ШГф5. Высокая усваиваемость магния, вероятно, опреде-

ляется высокой степенью чистоты шихты по содержанию серы и других вредных примесей. Химический состав полученного синтетического ЧШГ следующий: углерод — 3,4—3,5%, кремний — 2,8—3,0, марганец — 0,5—0,6, сера — 0,01, фосфор — 0,01%. Повышенное содержание кремния, которое служит помехой при получении качественного ЧШГ с высокими механическими свойствами, при производстве корпусов электроконфорок явление в общем положительное. Несмотря на снижение теплопроводности, вызванное повышением содержания кремния в сплаве, жаростойкость чугуна увеличивается, поскольку растет жаростойкость феррита металлической основы. Кроме того, повышенное содержание кремния в используемом сплаве позволяет получать отливки корпусов электроконфорок с чисто ферритной металлической основой. При этом отпадает необходимость ферритизирующего отжига отливок, тогда как в условиях завода "Полесьеэлектромаш" при использовании в качестве материала СЧ в последующем отжиге нуждалось 80% отливок.

Поскольку при формовке использовалась модель, применяемая для отливок из СЧ, полученные отливки имели отклонения в размерах, превышающие допустимые, что потребовало изготовления специального сборочного штампа. Но простейший экономический расчет показал, что изготовление нового штампа выгоднее изготовления новой модели.

В заводских условиях отливки прошли механическую обработку и сборку. Предварительные испытания на термоциклическую стойкость, проведенные по ГОСТ 14163-88, показали значительно большую термостойкость корпусов из ЧШГ по сравнению с корпусами из СЧ, что соответствует данным о высокой долговечности корпусов электроконфорок, изготавливаемых компаниями "Bosch", "Dorengi" и некоторых других из ферритного ЧШГ. Таким образом, сочетание высоких рабочих качеств получаемых изделий с весьма незначительными затратами на изменение технологии и решением острой стоящей задачи утилизации списанных боеприпасов делает описанную технологию весьма перспективной.