



*In the article there is shown the possibility of formation of metal coat from nickel-aluminum alloy on saline sticks with melting temperature about 300 degrees Celsius at keeping of certain technological techniques.*

Л. А. ИВАНОВА, Ю. Г. БАРИНОВ, А. А. БОНДАРЬ,  
Одесский национальный политехнический университет

УДК 621.74

## СОЛЕВЫЕ ВОДОРАСТВОРИМЫЕ СТЕРЖНИ С ЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Для повышения долговечности и безотказности двигателя внутреннего сгорания требуется обеспечить надежную работу его наиболее ответственных и высоконагруженных в тепловом и механическом отношениях деталей, к числу которых относятся блок цилиндров двигателя, головки блока цилиндров и поршни, образующие камеру сгорания (КС) двигателя.

Известно, что тепловая нагрузка, которой подвергаются детали, формирующие объем камеры сгорания, в ряде случаев является решающим фактором, ограничивающим возможности как дальнейшего форсирования двигателя, так и повышения его надежности. Принятие тех или иных конструктивных решений по повышению работоспособности этих деталей связано с их принудительным охлаждением, а следовательно, и с созданием внутренних каналов охлаждения, к качеству которых предъявляются повышенные требования. Формирование таких каналов с помощью песчаных стержней на различных связующих встречает сложности, связанные в основном с трудоемкостью удаления стержней из готового изделия.

Разработка составов стержней, обеспечивающих формирование качественной поверхности канала и способных к быстрому удалению этих стержней из готового изделия, выполнялась в направлении применения соляных водорастворимых стержней.

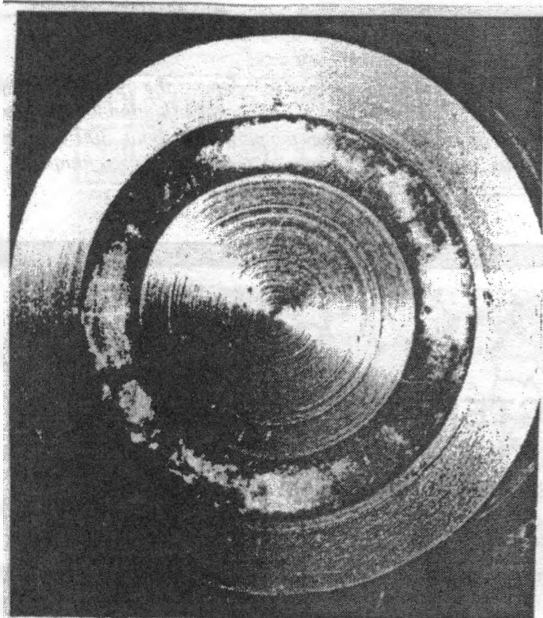
Качество поверхности стержней в основном определяется качеством поверхности технологической оснастки и способностью стержневой смеси воспроизводить эту поверхность. Исходя из этого, для отработки технологии соляные стержни изготавливали в специальной оснастке, изготовленной из коррозионностойких материалов — легированных сталей, титановых сплавов. Важное значение имеет качество поверхности оснастки — она должна быть полированной. Соли, используемые для изготовления стержней, должны обладать хорошей воспроизводимостью поверхности

металлического стержневого ящика, высокой растворимостью в воде, отсутствием взаимодействия с материалами отливки, включая стадию растворения, а также минимальной усадкой, что особенно важно при изготовлении соляных стержней кольцевой формы.

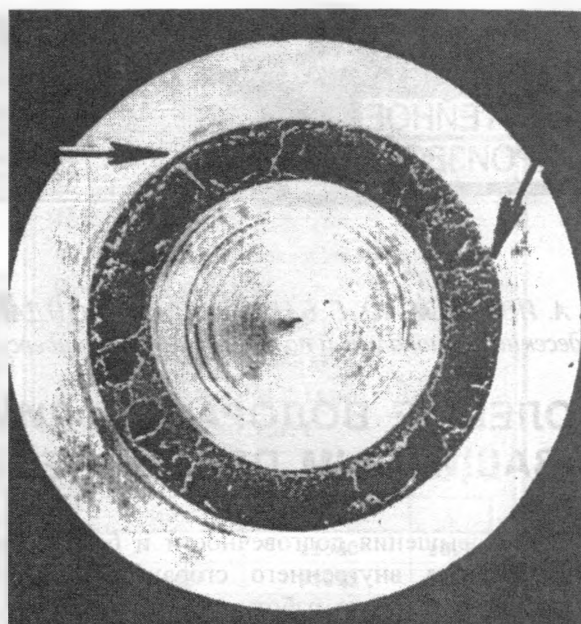
Вместе с этим имеет значение метод изготовления стержней. Так, стержни, полученные методом прессования, имеют большую плотность, а следовательно, меньшую пористость по отношению к аналогичным стержням, полученным методом литья. От пористости стержней в значительной степени зависит качество поверхности каналов. При пористости 20 % проникновение алюминиевого расплава в соляной стержень достигает 50 %, что недопустимо. Алюминиевый расплав под действием внешнего воздействия проникает в поры на поверхности и в глубь стержня и кристаллизуется там в виде «губчатого» алюминия (рис. 1). Такой алюминий не вымывается струей воды, но легко удаляется после травления в растворе щелочи либо механическим путем. С уменьшением пористости соляного стержня до 7 — 10 % наблюдается снижение проникновения расплава (рис. 2).

Высокие давления прессования металла, которые наблюдаются при жидкой штамповке, усугубляют проблему получения качественного внутреннего канала.

Известны соляные водорастворимые стержни на основе алюмината натрия, применяемые при производстве отливок под давлением. Однако длительность процесса удаления стержня из готового изделия (что связано с высокой температурой спекания алюмината натрия 1200 °С), нестабильные механические свойства стержней не позволяют широко их использовать. Кроме того, расплав может проникать в поры водорастворимого стержня, препятствуя формированию канала в отливке. Высокая температура спекания стержней требует повышенных энергозатрат на их изготовление.

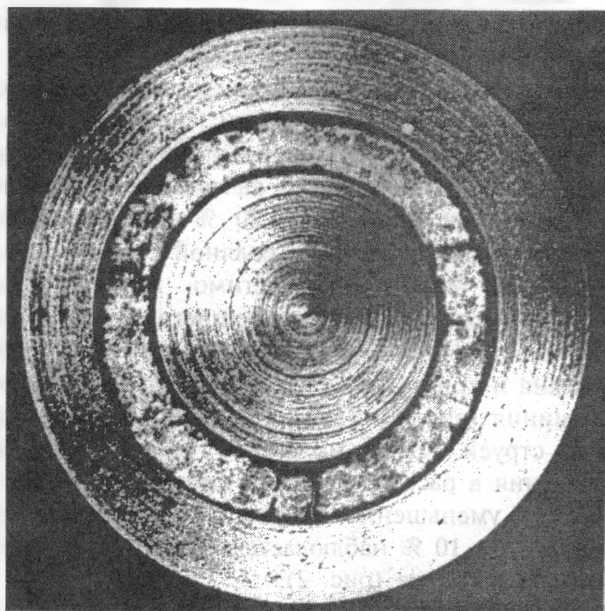


*a*

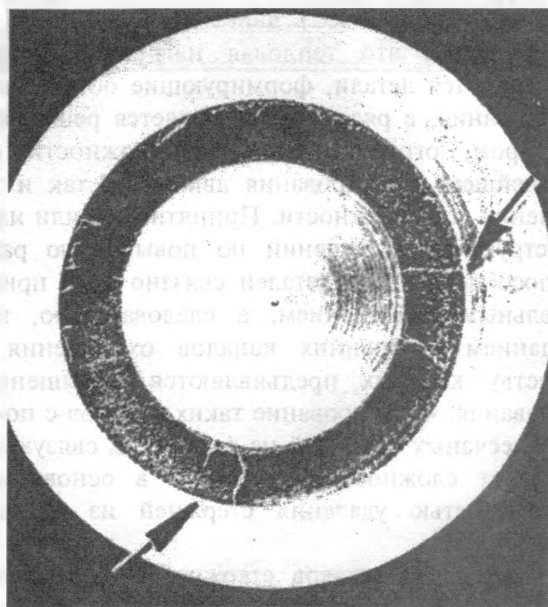


*б*

Рис. 1. Сечение отливки из сплава АК7 с каналом охлаждения, сформированным по соляному стержню с остаточной пористостью 18–20 %: *a* – до удаления стержня; *б* – после вымывания стержня



*a*



*б*

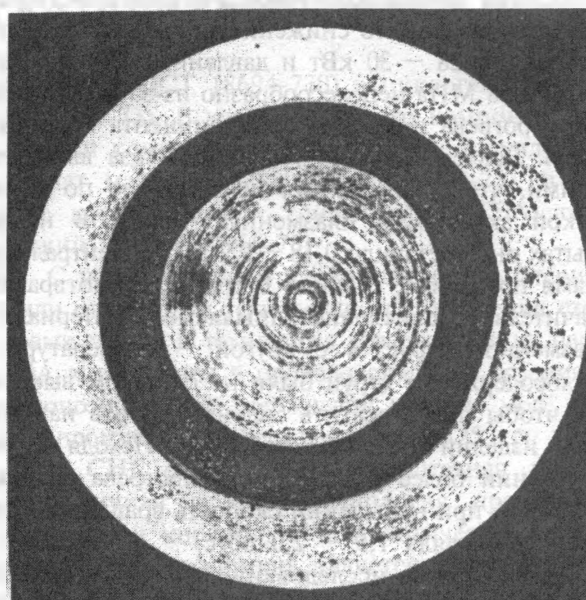
Рис. 2. Сечение отливки из сплава АК7 с каналом охлаждения, сформированным по соляному стержню с остаточной пористостью 7–10 %: *a* – до удаления стержня; *б* – после вымывания стержня

В промышленности известны солевые водорастворимые стержни на основе солей  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и т. д. (см. ниже).

Однако эти составы характеризуются высокими температурами плавления. Стержни, изготовленные из таких сплавов, требуют длительного процесса отжига для снятия термических напряжений. Соляные составы с пониженной температурой плавления, несмотря на отсутствие указанных выше недостатков и низкой стоимости, не находят применения, так как стержни из таких

составов солей при заливке металлом не обладают достаточной термической прочностью.

Для устранения данного недостатка были проведены исследования по применению соляных водорастворимых стержней на основе легкоплавких солей с защитными покрытиями, наносимыми на поверхность стержней тем или иным способом. Вместе с этим защитные покрытия являются эффективным средством предотвращения проникновения расплава в поры стержня, что способствует получению качественного канала в отливке (рис. 3).



*a*

10

[illegible]

В качестве метода нанесения защитного покрытия на соляные стержни с низкой температурой плавления (298 — 350 °С) исследовали процесс плазменного напыления металлического покрытия [1–3]. Материалом для напыления служил никель-алюминиевый порошок, содержащий 5 мас. % алюминия. Покрытие наносили на установке газовоздушного плазменного напыления типа «Киев-7». Плазмообразующим газом служила смесь воздуха и пропан-бутана. Мощность плазмотрона составляла около 30 кВт. Переменными параметрами процесса плазменного напыления являлись дистанция напыления, скорость перемещения плазмотрона вдоль оси стержня и расход (давление) горючего газа.

Предварительное исследование плазменного напыления выбранного никель-алюминиевого порошка показало, что снижение мощности плазмотрона менее 28 — 30 кВт и давления горючего газа менее 0,18 МПа нецелесообразно из-за недостаточного прогрева и низкого коэффициента использования. Давления (расход) горючего газа выбирали такими, чтобы обеспечить нейтральную по химической активности плазменную струю. В наших опытах оно составило 0,18 — 0,2 МПа. Нейтральное пламя позволило, с одной стороны, предотвратить значительное окисление напыляемого материала в плазменной струе, а с другой — температура и теплосодержание струи были не слишком высокими, чтобы предотвратить сильный нагрев напыляемых изделий (соляных стержней). Исходя из соображений более равномерного прогрева соляных стержней, при напылении скорость вращения стержней составляла 1,5 — 2,0 об/с.

Как показало исследование, наиболее сильное влияние на формирование покрытия на соляном стержне-образце оказывает дистанция напыления, которая варьировалась от 150 до 350 мм. Напыление с коротких дистанций (150 — 200 мм) ведет к перегреву и оплавлению соляных стержней и может приводить к изменению их формы. Кроме того, при этом из-за большой разницы в температурах расплавленных частиц и основы (соляного стержня) происходит процесс быстрого расплавления, испарения и выброса солевого рас-

плава, что не позволяет сформировать сплошной слой напыленного металлического покрытия. При напылении с расстояний 300 — 350 мм затрудняется формирование покрытия из-за охлаждения летящих капель металла.

Наиболее рациональной дистанцией напыления является расстояние порядка 250 мм. Однако даже при такой дистанции напыления требуются определенные технологические приемы (например, охлаждение стержня), для того, чтобы можно было сформировать покрытие.

Скорость перемещения плазмотрона при плазменном напылении влияет на количество тепловой энергии, попадающей на заданную площадь пятна напыления, и производительность напыления за один проход. При скорости перемещения 25 — 35 мм/мин тепловая напряженность плазменной струи слишком велика для низкотемпературного солевого стержня, что приводит к его поверхностному оплавлению. Рациональной является скорость порядка 40 мм/мин, что позволяет формировать покрытие без оплавления стержня, если последний подвергается непрерывному охлаждению.

Таким образом, проведенное предварительное исследование показало возможность формирования металлического покрытия из никель-алюминиевого сплава на соляных стержнях с температурой плавления порядка 300 °С при соблюдении определенных технологических приемов, однако производительность напыления при этом остается низкой.

При помощи соляных стержней с защитной оболочкой, изготовленных по данной технологии, получены опытные образцы отливок с каналами охлаждения. Каналы охлаждения в полученных отливках отвечают всем необходимым техническим требованиям.

### Литература

1. Кречмар Э. Напыление металлов, керамики и пластмасс. М.: Машиностроение, 1966.
2. Борисов Ю. С., Борисова А. Л. Плазменные порошковые покрытия. Киев: Техника, 1986.
3. Антошин Е. В. Газотермическое напыление. М.: Машиностроение, 1974.