Зарубежные разработки по фильтрованию расплава высокопрочного чугуна.

(Э.Б. Тен, М.А. Воеводина, МИСиС, ж. "Литейное производство" 7, 1993 г.)

Все сфероидизирующие элементы (Mg, Ce, La, Y, Ca и другие) активно взаимодействуют с примесями чугуна, прежде всего с кислородом и серой, с образованием неметаллических фаз, которые ограничивают уровень и стабильность свойств отливок из высокопрочного чугуна. Проблему получения отливок из ЧШГ без "черных пятен" и с минимальным содержанием неметаллических включений (НВ) решают фильтрованием расплава в форме.

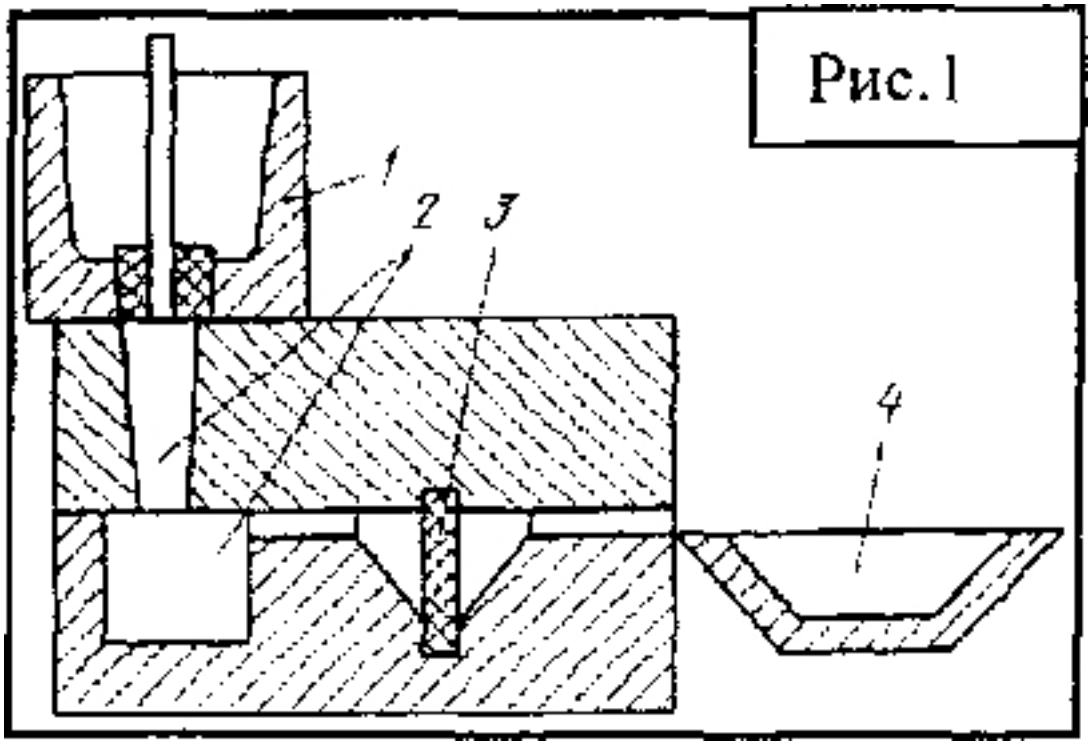
За рубежом при получении чугунных отливок в основном используют два типа литейных фильтров (ячеистые и пенокерамические), которые устанавливают в одном из элементов литниковой системы. Наиболее просты по конструкции монолитные керамические ячеистые фильтры, изготовленные методом экструзии, которые имеют упорядоченно расположенные прямые каналы постоянного поперечного сечения. Технической характеристикой таких фильтров служит число отверстий на единицу площади фильтра. Используют фильтры с 10...50 отверстиями на 1 см^2, доля открытых участков составляет > 65 %. Ячеистые фильтры выпускают многие фирмы Западных стран.

Самую сложную и разветвленную систему каналов имеют пенокерамические фильтры, изготовленные нанесением керамического шликера на вспененный полимер и последующего упрочняющего высокотемпературного обжига. Пенокерамические фильтры имеют случайное распределение пор, число которых составляет 4... 10 на 1 см. Такие фильтры выпускают фирмы США, Великобритании, Японии, Республики Корея и других стран, в частности, Ceramic Foam Filter Division Consolidated Aluminium Corporeischen (США), Henderson (США), Celee Corporeischen (США), Foseco, Posco (Республика Корея). Служебные характеристики фильтров оценивают по максимально допустимой температуре фильтрации, термостойкости и механической прочности.

По результатам сравнительных испытаний пенокерамических фильтров различных составов наименьшую температуру эксплуатации имеют корундовые фильтры с фосфатной связкой. Все остальные имеют температуру эксплуатации > 1500 °С и

рекомендуются для фильтрования чугуна.

При выборе типа литейного фильтра важны пропускная способность и достигаемая степень очистки расплава. Под пропускной способностью понимают удельный расход металла через единицу площади фильтра и суммарное количество металла, которое может быть пропущено через фильтр. Исследовали пропускную способность фильтров следующих типов: 1 - экструдированных ячеистых фильтров с 8, 16, 24, 32 и 48 отверстиями квадратного сечения на 1 см ^{2}; 2 - прессованного фильтра с восемью круглыми отверстиями на 1 см ^{2}; 3 - пенокерамического фильтра из карбида алюминия с четырьмя порами на 1 см ^{2}. Методика проведения эксперимента иллюстрируется на рис. 1.



Жидкий чугун состава, %: 3,6 C, 2,6 Si; 0,35 Mn, 0,05 Mg, 0,02 S; 0,02 P через приемную чашу 1 с графитовой пробкой, систему литниковых каналов 2 и фильтр 3 сливают в емкость 4. В течение всего процесса разливки уровень жидкого чугуна в чаше поддерживают на постоянном уровне. Изменение массы металла, прошедшей через фильтр, определяли при помощи весов с дистанционным датчиком и регистрировали на специальном приборе.

Согласно полученным результатам (рис. 2) в начальный период фильтрации все фильтры имеют примерно одинаковую пропускную способность. Существенное различие ее наблюдается при продолжительности фильтрации > 10 с. Так, например, через 30 с фильтр с 32 отв/см2 (кривая 4) оказывается полностью закупоренным после фильтрования 18 кг расплава. Фильтр с 48 отв/см2 (кривая 5) за 20 с пропускает лишь 9 кг жидкого металла. Максимальной пропускной способностью обладают ячеистые фильтры (кривые 1 и 2), масса отфильтрованного металла достигает 50 и 40 кг соответственно.

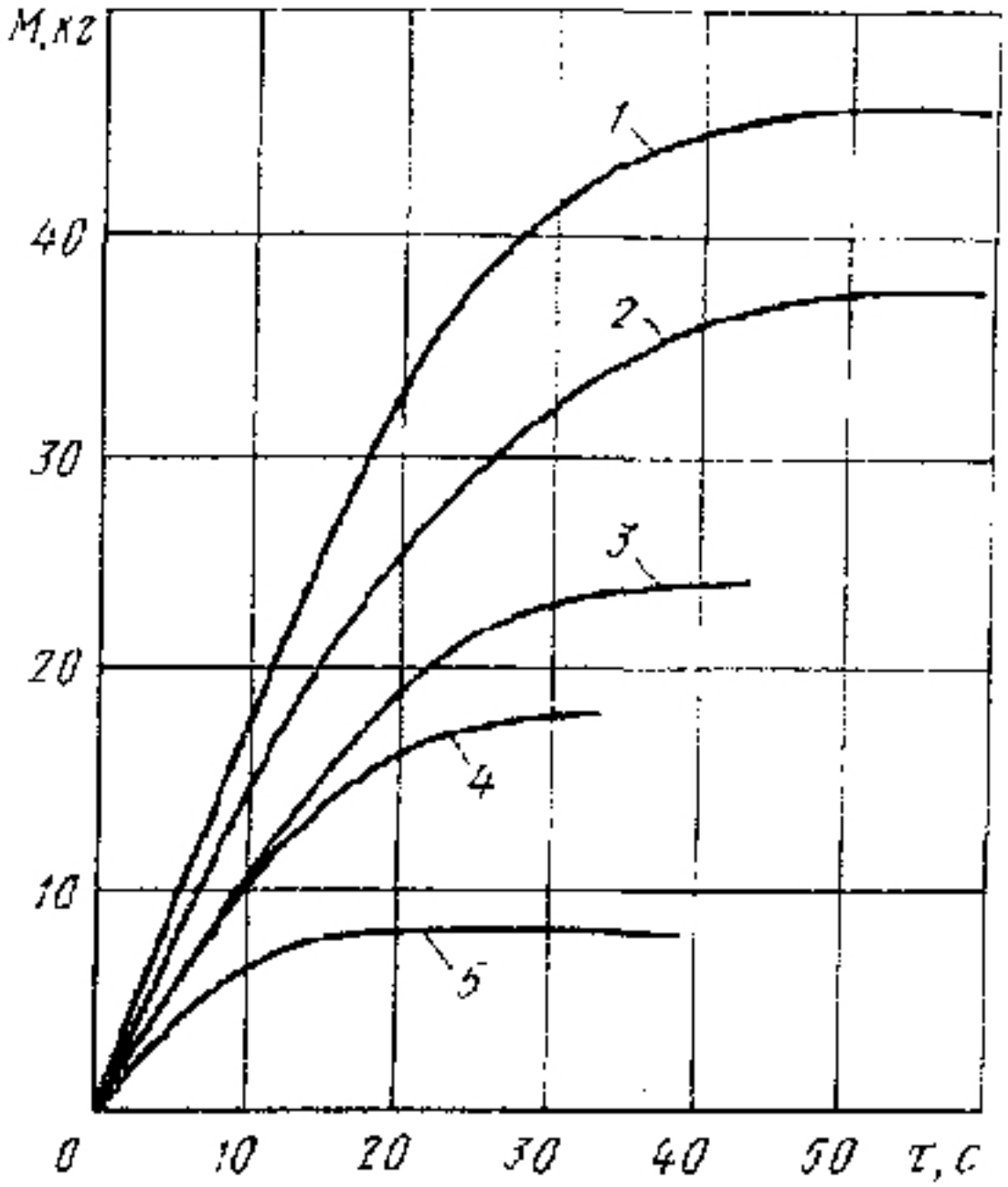


Рис. 2. Влияние типа фильтра на массовый расход жидкого чугуна:

кривые 1 и 2 — ячеистые фильтры соответственно с 8 и 16 отв/см2; кри-вая 3 — пенокерамическ

В работе [2] авторы выделяют три стадии процесса течения металла через фильтр. На стадии I расплав проходит с постоянной скоростью, которая зависит от геометрических характеристик и других параметров фильтра. Этой стадии отвечает линейная зависимость массы отфильтрованного металла кривые 1 и 2 — ячеистые фильтры соответственно с 8 и 16 отв/см^2; кривая 3 — пенокерамический фильтр с 4 пор/см^2; кривые 4 и 5 - ячеистые фильтры с соответственно 32 и 48 отв/см
^{2}
от времени фильтрации. Промежуток времени, соответствующий первой стадии, считается полезным сроком службы фильтра. Стадия II характеризуется уменьшением скорости фильтрации вследствие накопления включений на входной поверхности фильтра. На стадии III фильтр оказывается полностью закупоренным, и процесс фильтрации прекращается.

Согласно рекомендациям [2], заполнение формы должно быть закончено к концу первой или в начале второй стадии. В противном случае фильтр будет функционировать как сильное гидравлическое препятствие. Продолжительность заполнения формы вследствие этого может изменяться в широких пределах и процесс становится малоуправляемым.

По данным фирмы Foseco кинетика фильтрации более сложна. В начальный период заливки скорость потока равна нулю, так как первая порция металла застывает, приходя в соприкосновение с более холодной поверхностью фильтра. Образовавшаяся твердая корочка расплавляется следующей порцией горячего металла. Расплав начинает течь через литейный фильтр лишь после того, как металлостатический напор в литниковой системе превысит силы капиллярного противодавления фильтра. После достижения максимального значения скорость фильтрации устанавливается на относительно стабильном уровне. По истечении времени начинается закупорка фильтра, которая завершается сравнительно быстро.

При фильтрации расплава высокопрочного чугуна при $Mg_{ост}$ - 0,009 % и 0,069 % литейный фильтр сечением 25 х 25 мм закупоривается уже после протекания 45 и 11 кг

металла соответственно. Закупоривание фильтра является следствием осаждения на нем неметаллических частиц. Процесс этот может проходить по одному из трех механизмов.

1. **Крупные неметаллические частицы механически задерживаются на входной поверхности фильтра, при этом фильтр функционирует как сито, и механизм называют ситовым.**

2. **Мелкие неметаллические частицы, не задерживаясь на входной поверхности фильтра, могут прилипать к стенкам его каналов. Такой механизм экстрагирования неметаллических частиц называют фильтрацией в глубинном слое фильтра (в отечественной литературе этот механизм называют адгезионным).**

3. **Мелкие неметаллические частицы могут также осаждаться на слое более крупных включений (кека), отложившихся на входной поверхности фильтра, и меха низм называют кековым.**

При фильтрации расплава ЧШГ наиболее важен ситовый механизм улавливания неметаллических частиц. Это связано с высокой загрязненностью расплава неметалли-ческими включениями, образующимися при его сфероидизирующем и графитизирующем модифицировании. Авторы [2] проводили сравнительные исследова-ния фильтрации расплавов серого и высокопрочного чугунов. Пропускная способность пенокерамических фильтров при фильтровании расплава ЧШГ в 2 раза ниже, чем СЧ. При этом массовая скорость фильтрации расплава снижается в 1,5 раза. При увеличе-нии числа пор в фильтре с 20 до 120 на 1 см^2 массовая скорость фильтрации снижается в 2 раза.

С увеличением содержания Mg количество жидкого чугуна, которое может пройти через пенокерамический фильтр до его закупорки, уменьшается. Наряду с Mg, сильное влияние на пропускную способность фильтра оказывает содержание S в рас-плаве высокопрочного чугуна. Ниже приведены данные [2], полученные на пенокерамическом фильтре Sedex размером 50 x 50 x 22 (4 пор/см^2) при фильтровании чугуна с остаточным со-держанием Mg $_{ост}$ = 0,05 %.

S, %

M, кг

0,005/0,005

76,5

0,011/0,009

42,5

0,015/0,012

9,5

0,019/0,013

6,0

0,024/0,014

6,5

Примечание: В числителе - содержание S, %, до фильтрации; в знаменателе - после. М - масса металла, прошедшего через фильтр до его полного закупоривания.

При увеличении содержания S в фильтруемом чугуне в 2 раза пропускная способность фильтра снижается почти на порядок (в 7 раз). В работе [3] даны рекомендации по выбору соотношения между доступной для прохождения металла площадью фильтра (фронтальная площадь фильтра) и площадью наименьшго поперечного сечения питателя литниковой системы, при которой фильтр не вызывает нарушений в скорости заполнения полости формы.

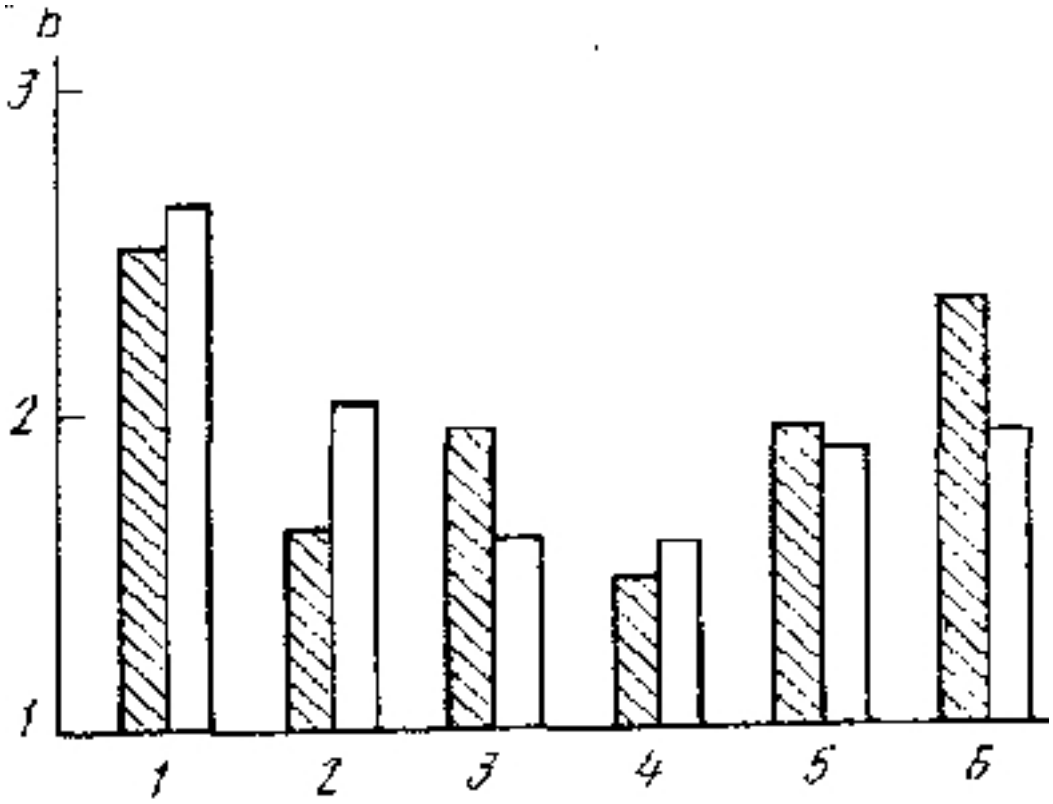


Рис. 3. Влияние фильтрования распла□ ва ЧШГ на загрязненность отливок НВ: результат
1 — из нефильтрованного чугуна, 2—6 — из чугуна, фильтрованного че-рез: ячеистый фильтр, я

Для фильтрования расплава ЧШГ через пенокерамический фильтр рекомендуется соотношение 6:1. ***При оценке эффективности фильтрования рассматривают***

рафинирующий эффект, изменение уровня механических свойств, выхода годного и др.

В работе [1] число включений оценивалось металлографическим и магнитоскопическим методами. В последнем случае через образец вдоль его наибольшей длины пропускали ток силой 250...270 А и покрывали его поверхность тонким слоем железного порошка серого или красного цвета. Для оценки степени загрязненности отливки неметаллическими включениями использовали пятибалльную шкалу. Наилучший показатель (1) соответствует равномерному распределению железного порошка по поверхности, что указывает на отсутствие, либо очень незначительное присутствие в образцах шлаковых включений. Результаты, полученные при фильтровании расплава с 2,6 % C, 2,6 % Si, 0,35 % Mn, 0,05 % Mg; 0,02 % S и 0,02 % P, приведены на рис. 3. По данным [1] металлографичекая оценка по срезам более надежна, чем магнитоскопическая.

Литейные фильтры наиболее эффективно улавливают крупные включения. Это особенно важно при очистке расплава ЧШГ, так как включения, размер которых сопоставим с размером графита в чугуне, существенно не влияют на качество отливок. В отливках, полученных без фильтрации расплава, встречаются включения размером < 6 мм. *Пенокерамический фильтр обеспечивает полное улавливание неметаллических включений размером 2 мм и более. Такой же эффект обеспечивает и ячеистый фильтр с 48 отв./см ^{2}. Ячеистые фильт-ры с 16 отв./см^2 задерживают только включения размером > 3 мм.*

Очистка расплава от неметаллических включений обеспечивает повышение механических характеристик литого чугуна. При исследовании влияния фильтрования на сопротивление усталости образцов из ЧШГ [1] испытания проводили при зна-копеременной нагрузке на плоском образце с необработанной после литья поверхно-стью. *Наилучшие результаты показали образцы, полученные из чугуна, фильтрованно-го через ячеистый фильтр с 16 отв./см ^{2}.*

Предел усталости в этом случае увеличивается на 20 % относительно уровня, достигаемого без фильтрования. Менее эффективны ячеистые фильтры с 8 отв./см^2 и пенокерамические фильтры с 4 пор/см
^{2}
. Последние обеспечивают повышение предела усталости фильтрованного чугуна на 12 % относительно нефильтрованного.

Замечено, что разрушение образцов начинается у поверхности, расположенной в верхней половине формы, на участке суженного сечения - в зоне, где образец подвергается воздействию сильных изгибающих напряжений. Такое преимуще-ственное расположение зоны начала разрушения обусловлено тенденцией НВ собираться у верхней поверхности во время заливки.

Фильтрование расплава ЧШГ через ячеистый фильтр с 48 отв./см^2 и пенокерамический фильтр с 4 пор/см^2 позволяет увеличить $\sigma_и$ соответственно на 15 и 11 %. Ячеистый фильтр с 16 отв./см^2 оказался наименее эффективным: прирост прочности составил лишь 6 %. Обработка расплава ЧШГ алюминием (2 %) и последующее его фильтрование могут повысить $\sigma_и$ на 62 %. Продувка чугуна инертным газом, например азотом, и последующая фильтрация также способствуют повышению прочности ЧШГ.

Применение пенокерамических фильтров серии Sedex фирмы Foseco при производстве отливок картера заднего моста из ЧШГ позволило изменить конструкцию литника так, что выход годного увеличился с 39 до 63 %. Производство мелких (< 1 кг) отливок из ЧШГ с использованием пенокерамических фильтров обеспечивает сниже-ние брака по неметаллическим включениям с 50 до 2 %.

При испытании ячеистого фильтра размером 76,2x76,2x12,7 мм с 16 отв./см^2 для получения отливок головки блока цилиндров из ЧШГ брак уменьшился на 30 %, а выход годного вырос на 10 %. Эти изменения обеспечивают снижение затрат на 5,6 % (с учетом дополнительных расходов на производство и установку литейного фильтра).

Наряду с прямым эффектом от применения фильтров достигается увеличение точности обработки, уменьшение износа инструмента.

Список литературы:

1. Parkes L., Spheroidal Graphite Iron - a winner inadeguately Backed? // Foundry Trade Journal - № 2,- 1987.-P. 117-118.

2. Foseco Product Pate Sheet FMT 20. Foseco (FS) Limited; Metallurgical Division. Tamvortn - Stafford- chi-re - England - B 783 TL.

3. Khan P. R., Su W. M, Kirn H. S., Jonson T. V., Kang J. W., Wallase J. E. L'effetto del fillir ceramic su con- teruti di scoria // Fonderia -1989,- settembre - ottobre.- p. 39-45.

Вернуться в раздел "Техническая информация"