

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ ПРИГАРА И ФОРМИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ОТЛИВОК

Антипов И.Н. – студент, Григор А.С. – аспирант, Миронова М.В. – аспирант,
Марков В.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Большинство литейных дефектов при литье в сырые песчано-глинистые формы возникает при использовании формовочных смесей не соответствующего качества, т.е. нестабильность свойств либо отклонение одного или нескольких параметров (прочность на сжатие, влажность и т. п.) от нормы. В результате этого брак отливок из-за нестабильности состава и физико-механических свойств единой песчано-глинистой формовочной смеси может достигать 50...60%. Проверка и оценка свойства и влияние формовочной смеси на качество литой поверхности является на сегодняшний день достаточно длительным и трудоёмким процессом, а современные технологические пробы не соответствуют требованиям экспресс-анализа.

Приняв во внимание, факторы необходимые для качественной и быстрой оценки влияния свойств формовочного материала на чистоту литой поверхности нами была разработана технологическая проба для определения формирования шероховатости поверхности отливок и вероятности образования пригара [2].

На формирование шероховатости поверхности отливок и образование пригара оказывают влияние многие факторы: песок его химсостав, зернистость, термостойкость; связующий материал минеральный, органический или комбинированный; спецдобавки; покраска или натирка полости формы или стержней спецпокрытиями; толщина стенки отливки, металлостатический напор в литейной форме, природа сплава и температура его заливки.

Для оценки влияния сложного комплекса факторов, определяющих формирование шероховатости поверхности отливок или вероятность образования пригара необходимо чтобы технологическая проба максимально приближённо воспроизводила условия взаимодействия поверхности формы или стержня с жидким сплавом, характерными для реальных условий получения отливки в конкретном производстве.

В работе профессора Медведева Я.И. [1] описаны технологические пробы, такие как проба Фурсунда и проба Герстмана. Однако данные технологические пробы достаточно сложны и их можно использовать для исследовательских целей, а для экспресс-анализа они мало пригодны.

Технологическая проба [2] представляет собой (рис. 1) литейную форму, состоящую из нижней полуформы 1, верхней полуформы 2, выполненных в цилиндрических опоках центрирующихся штырями 3. На верхнюю полуформу 2, может быть дополнительно установлены наращалки 4, для создания требуемого металлостатического напора. В нижней полуформе 1 заформованы гильзы 5 с исследуемыми образцами формовочной или стержневой смеси 12. Полость формы представляет собой усечённый конус, образуемый моделью 6, состоящих из нескольких дисков с центральными отверстиями, позволяющими их центрировать относительно модели стояка 10 при изготовлении формы. Наборная модель из нескольких дисков 13 позволяет изменять массу заливаемого сплава или имитировать толщину стенки отливки. Подмодельная плита 7 выполнена плоской с зумпфом 8 и глухим отверстием 9 для центрирования модели стояка 10. На подмодельной плите 7 со стороны формообразования нижней полуформы выполнены кольцевые канавки 11 для фиксации гильз 5 при изготовлении нижней полуформы 1.

В каждой гильзе 5 уплотняются образцы смеси 12, затем четыре гильзы устанавливаются на подмодельную плиту 7 по кольцевым канавкам 11, устанавливается нижняя опока, засыпается формовочная смесь и уплотняется. После изготовления нижней полуформы 1 она совместно с подмодельной плитой 7 поворачивается на 180°. На

подмодельную плиту 7 устанавливается модель 6 из нескольких дисков. Количество дисков соответствует характерной толщине стенки отливки 10...50 мм., высота модели может быть больше.

Устанавливается модель стояка 10, которая центрирует диски модели между собой и относительно подмодельной плиты 7. Устанавливается верхняя опока и формуется, если необходимо увеличить металлостатический напор, то устанавливается необходимое количество наращалок 4.

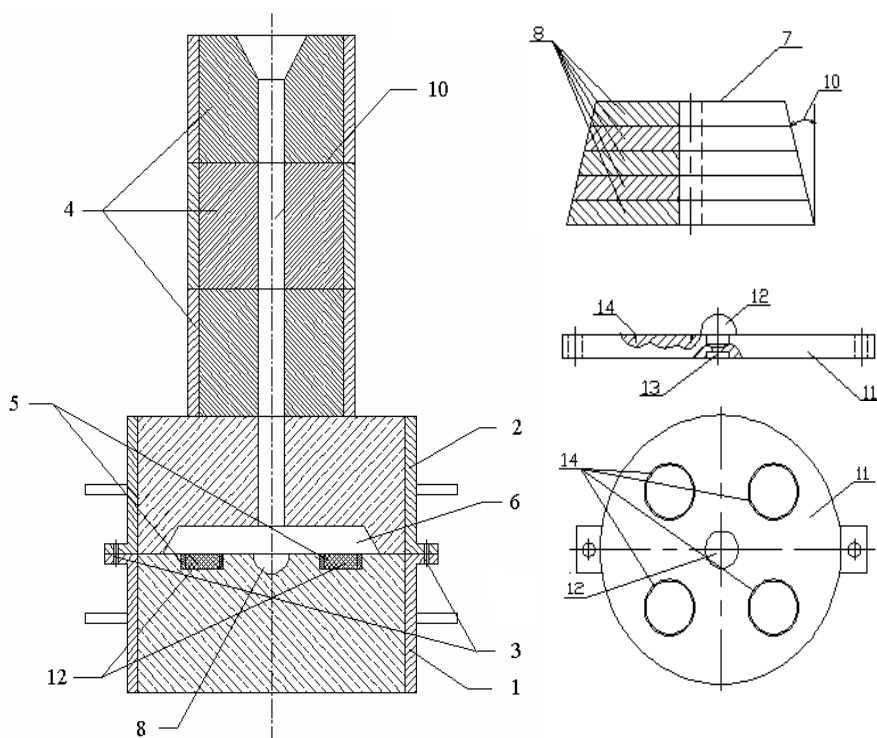


Рисунок 1. – Технологическая проба

После окончания изготовления верхней полуформы удаляется модель стояка, снимается верхняя полуформа с подмодельной плиты.

Диски модели остаются на подмодельной плите, т.к. на дисках выполнены формовочные уклоны в пределах 10...15°. Удаляется подмодельная плита с нижней полуформы, после чего форма собирается и готова к заливки.

После заливки формы сплавом и охлаждения отливка удаляется из формы. Гильзы 5 с остатками исследуемой смеси остаются в нижней полуформе. После отрезки стояка получается отливка, у которой на нижней поверхности четыре отпечатка от образцов исследуемых смесей. После очистки отливки можно сделать оценку шероховатости её поверхности или определить вероятность образования пригара для каждого образца, исследуемого формовочного материала. Кроме того, использование данной технологической пробы существенно ускоряет процесс экспресс анализа исследуемой смеси.

В настоящий момент нами разрабатывается рецептура комплексной добавки на основе бентонита и готового нанодисперсного пироуглерода. Первые испытания образцов смеси с разрабатываемой комплексной добавкой на запатентованной нами специальной технологической пробе [2] показали, что поверхность получается с минимальной шероховатостью. Пригар в свою очередь получается легко отделимым или полностью отсутствует (рис. 2). Для сравнения качества литой поверхности были получены отливки с отпечатками ФС приготовленной с комплексной добавкой БЛЕСКОЛ-П (ТУ 032224-004-55083680-03).

Анализируя полученные поверхности нетрудно заметить, что образцы полученные с добавлением пироуглерода и БЛЕСКОЛа-П не имеют существенных отличий отпечатков поверхности друг от друга. Но если брать во внимание стоимость БЛЕСКОЛа-П и разрабатываемой нами комплексной добавки, которая дешевле приблизительно на 50 %, то экономический эффект очевиден.

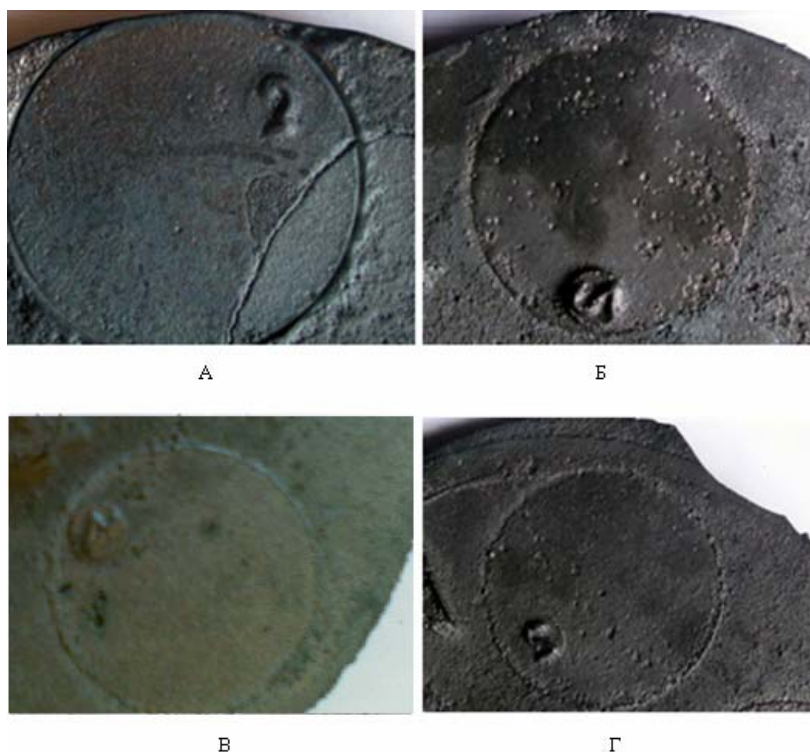


Рисунок. 2 – Отпечатками исследуемых смесей при заливки СЧ – 20: А – Формовочная смесь с добавлением пироуглерода 0.75%, Б – Формовочная смесь с добавлением пироуглерода 0.5%, В – Формовочная смесь с добавлением пироуглерода 0.25%, Г - Формовочная смесь с добавкой БЛЕСКОЛ-П.

Список литературы:

1. Медведев, Я.И. Технологические испытания формовочных смесей / Я.И. Медведев, И.В. Валисовский – М.: машиностроение, 1973 – 312 с.
2. Пат. 77809 Российская Федерация, МПК В 22 С 9/22. - № 2008125476/22; заявлена 23.06.08; опубликовано 23.11.08, бюл. № 31.

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ПРЕССОВАНИЯ МАШИНЫ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Бакунц Е.Б.-студент, Москалев В.Г.-к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В данной работе проведен обзор механизмов прессования машины литья под давлением..

Механизм прессования является главным механизмом машины литья под давлением.

До последнего времени особенно недооценивалось значение времени нарастания давления подпрессовки, в связи с чем большинство конструкций машин создано без учета основной технологической особенности процесса литья под давлением – малого времени затвердевания отливки (отливка затвердевает до начала эффективной подпрессовки).

Основные причины, обуславливающие необходимость модернизации машины 71108 производства Тираспольского завода.

Уровень брака более 10% по одному виду дефектов говорит о систематической причине: несовершенство процесса заливки расплава в форму. Ликвидация подобного брака требует принятия технических решений, направленных на совершенствование оборудования.

Исследования [1] показали, что к моменту начала подпрессовки аккумулятор часто бывает полностью разряжен и мультипликатор приводится в движение насосом высокого давления. Насос не обеспечивает необходимый расход и в момент нарастания давления подпрессовки отливка полностью затвердевает.

Для того, чтобы бороться с этими проблемами необходимо модернизировать механизм прессования.

Основными данными механизма прессования машины 71108 являются:

$P_n = 300 \text{ кН} = 3 \cdot 10^5 \text{ Н}$ – усилие прессования;

$p_{\text{мн}} = 100 \text{ атм} = 10^7 \text{ Н}$ – давление в металле;

$p_a = 120 \text{ атм} = 1,5 \cdot 10^7 \text{ Н}$ – рабочее давление;

$x = 360 \text{ мм}$ – ход прессового поршня;

$v = 3 \text{ м/с}$ – наибольшая скорость холостого хода прессового поршня.

После проведения расчета параметров прессового механизма, можно более точно охарактеризовать уже модернизированный механизм.

Критическая нагрузка и максимальное напряжение растяжения (сжатия) не превышают допустимых норм, а значит данная конструкция штока теоретически работоспособна.

Заданный диаметр колонн при заданном усилии прессования обеспечит нормальную работу.

Конструктивно принимаем толщину стенки цилиндра прессования, что необходимо для размещения уплотнений, а также обеспечит безопасность в случае возможных аварийных забросов давления.

Перепад давления от максимального до минимального в начале повторной зарядки аккумуляторов не более 5 %.

Диаметр колонн гораздо больше расчётного, следовательно, заданный диаметр колонн при заданном усилии прессования обеспечит нормальную работу.

Для обеспечения более надёжных соединений необходимо улучшить пригонку, увеличить опорные поверхности, увеличить жёсткость прокладок, уменьшив диаметр стержня (против номинального диаметра резьбы) удастся увеличить допустимую пульсирующую нагрузку на соединение более чем в 1,5 раза

На основе выше изложенного можно сделать вывод, что проведенная модернизация машины 71108, теоретически работоспособна и находит комплексное решение задачи.

Литература

1. «Литьё под давлением» / Под ред. А.К. Белопухова. – 2-е изд. М.: Машиностроение, 1975.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ПРИГАРА НА ОТЛИВКАХ ИЗ СТАЛИ

Гуляев Е.Н. - студент, Григор А.С. - аспирант, Марков В.А. - д.т.н., профессор,
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одной из основных задач, стоящих перед литейщиками, является получение отливок без пригара (и других дефектов) и с заданной чистотой поверхности. Грубая поверхность отливок, получаемая в сырых песчано-глинистых формах, связана со свойствами

применяемых материалов и жидкого металла и определяется процессами, протекающими по поверхности контакта металла и формы.

Пригар является одним из наиболее распространенных дефектов при получении отливок в сырых формах. При этом дефекте поверхность отливки полностью или частично покрывается слоем формовочного материала, пропитанного металлом или его окислами. Основными причинами возникновения пригара считают процесс проникновения жидкого металла в поры формы и химическое воздействие жидкоподвижных окислов металла с компонентами формовочной смеси.

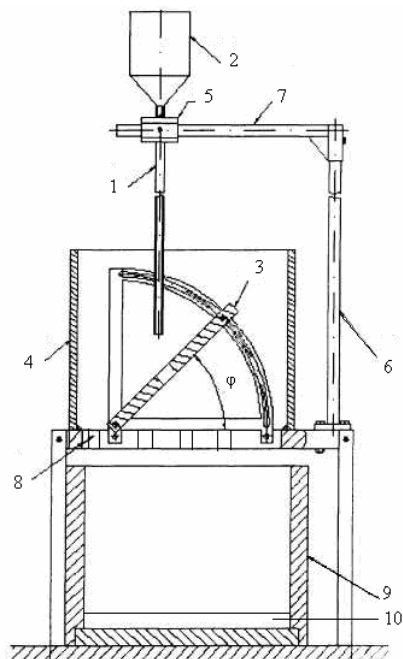


Рисунок 1. Схема установки для количественной оценки пригара

Схема установки для количественной оценки пригара описана в работе профессора Кидалова Н.А. [1], но она имеет некоторые недостатки, такие как сложность регулирования угла наклона технологической отливки к струе дроби и некоторые трудности возникают при определении веса используемой при проведении эксперимента дроби. Данная установка была модернизирована нами с учётом всех перечисленных недостатков (рисунок 1). Установка состоит из вертикальной трубки 1, на верхнем конце которой закреплена воронка 2 для засыпки дроби. Под нижним концом трубки под изменяемым углом φ на испытательном поддоне 3 размещается технологическая отливка. Отливка находится в ёмкости 4 для предотвращения просыпания дроби. Использовалась стальная дробь диаметром 1,5...2,0 мм. Дробь сыпется до тех пор, пока поверхность отливки не будет очищена от пригара на участке, площадью около 1 см². После появления очищенного от пригара участка испытание прекращается, использованная дробь взвешивается, измеряется площадь участка отливки, очищенного

от пригара.

Внутренний диаметр трубки равен 10 мм, при этом струя дроби компактна и хорошо очищает поверхность отливки. Высота трубки 1 равна 900 мм. При такой высоте удобно загружать дробь в воронку 2 и отработанная дробь не выскакивает за пределы ограждения 4 имеющего высоту около 400 мм. Диаметр отверстия воронки равен 7 мм. Воронка 2 жёстко закреплена зажимом 5 на кронштейне 6 с поворотной балкой 7, позволяющей управлять струёй дроби относительно технологической отливки. Отработанная дробь через отверстия 8 пересыпается в бункер 9, где установлены весы 10 для определения веса израсходованной дроби.

Мерой величины пригара на поверхности отливки при оценке с помощью данного прибора является удельная работа удаления пригара, которая рассчитывается по формуле выведенной профессором Кидаловым Н.А. [1]:

$$A = \frac{mgh}{a}$$

где A - удельная работа удаления пригара, Дж/м²; m - масса дроби, прошедшая во время очистки участка отливки, кг; g - ускорение свободного падения. $g = 9,81$ м/с²; h - высота падения дроби, м; a - площадь участка отливки, очищенная от пригара, м².

Удельная работа удаления пригара определялась на двух отливках из стали 40. Первой проверялась отливка массой 1,51 кг., полученная с помощью разработанной нами технологической пробы [2]. Она была проверена на трех участках. Площадь первого участка,

очищенная от пригара, составила $1.327 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. На ее очищение было израсходовано 20,7 кг дробы.

$$A_1 = \frac{20.7 \cdot 9.81 \cdot 0.9}{1.327 \cdot 10^{-4}} = 1377.2 \text{ кДж/м}^2$$

Площадь второго участка, очищенная от пригара, составила $0.785 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. На ее очищение было израсходовано 11,04 кг дробы.

$$A_2 = \frac{11.04 \cdot 9.81 \cdot 0.9}{0.785 \cdot 10^{-4}} = 1241.7 \text{ кДж/м}^2$$

Площадь третьего участка, очищенная от пригара, составила $1,13 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. На ее очищение было израсходовано 22,08 кг дробы.

$$A_3 = \frac{22.08 \cdot 9.81 \cdot 0.9}{1.13 \cdot 10^{-4}} = 1725.2 \text{ кДж/м}^2$$

По полученным данным можно подсчитать среднее значение удельной работы удаления пригара, оно составит:

$$A_{\text{сред}} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3} = \frac{1377.2 + 1241.7 + 1725.2}{3} = 1448.03 \text{ кДж/м}^2$$

Второй проверялась отливка массой 4,19 кг. Она была проверена на двух участках. Площадь первого участка, очищенная от пригара, составила $0.283 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. На ее очищение было израсходовано 33,12 кг дробы.

$$A_1 = \frac{33.12 \cdot 9.81 \cdot 0.9}{0.283 \cdot 10^{-4}} = 10332.7 \text{ кДж/м}^2$$

Площадь второго участка, очищенная от пригара, составила $0.385 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. На ее очищение было израсходовано 44,16 кг дробы.

$$A_2 = \frac{44.16 \cdot 9.81 \cdot 0.9}{0.385 \cdot 10^{-4}} = 10126.9 \text{ кДж/м}^2$$

Среднее значение удельной работы удаления пригара для такой отливки составит:

$$A_{\text{сред}} = \frac{A_1 + A_2}{2} = \frac{10332.7 + 10126.9}{2} = 10229.8 \text{ кДж/м}^2$$

Анализируя полученные данные можно сказать, что с увеличением массы отливки или толщины стенок отливки повышает вероятность образования пригара и значительно увеличивается удельная работа для его удаления.

Разработанная установка проста по устройству, может использоваться для оценки пригара, как на поверхности технологических проб, так и на поверхности реальных отливок любых размеров и массы, имеющих как выпуклые, так и вогнутые поверхности с радиусом кривизны 10...20 мм, что выгодно отличает эту установку от многих, предлагаемых ранее.

Список литературы:

1. Кидалов, Н.А. Использование отходов химических и металлургических производств при разработке ресурсосберегающих технологий для изготовления стальных отливок : дисс. докт. техн. наук : 05,16,04 / Кидалов Николай Алексеевич. – Волгоград, 2006. – 308с.

2. Пат. 77809 Российская Федерация, МПК В 22 С 9/22. - № 2008125476/22; заявлена 23.06.08; опубликовано 23.11.08, бюл. № 31.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЩНОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ БЕГУНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАГРУЗКИ

Дорн К. С.- студент, Москалев В. Г.- к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Основными рабочими органами большинства современных смесителей являются лопатки (плужки) и катки. Процесс перемешивания состоит в разрыхлении и перекачивании смеси лопатками. При движении катков происходит уплотнение, перетиравание и разминание комьев смеси за счет скольжения катков. Эти процессы связаны с относительным перемешиванием частиц смеси и обволакиванием зерен оболочкой связующего. Однако при длительном перемешивании зерновой основы формовочной смеси. Поэтому катки выполняются на маятниковой подвеске с регулировкой зазора между катками и днищем чаши. Это также исключает поломки при попадании в смесь грубых инородных включений.

Мощность, потребляемая смесителем расходуется на преодоление сопротивления качению катка по смеси N_{kk} , на преодоление сопротивления проскальзыванию катков относительно смеси $N_{ск}$, плужков смеси $N_{пл}$
Общая мощность, потребляемая бегунами с двумя вертикальными катками, определяется соотношением:

$$N=N_{xx}+[k*\gamma*\omega^2+2(\lambda*G_k*R*\omega)/(r_k*F_2*\delta))*G_{cm}+1/2*f*G_k*V*\omega]*(1/1-\beta),$$

где k -коэффициент, зависящий от свойств смеси.;

ω -угловая скорость вращения ротора, 1/с;

λ -безразмерный коэффициент, зависящий от свойств смеси;

G_k -вес катка, Н;

R -расстояние от центра катка до оси вращения ротора, м.;

f -коэффициент трения скольжения катка о смесь в зависимости от влажности смеси
 $f=0.2\div 0.6$

V -ширина катка, м ;

G_{cm} -вес смеси в бегунах, Н;

$\beta =0,03\div 0,05$ - коэффициент дополнительных потерь в приводе бегунов при работе под нагрузкой.

По полученным экспериментальным данным для полного цикла приготовления формовочной смеси строится зависимости, потребляемой смесителем, от времени $N=f_1(\tau)$. Полученная зависимость позволяет проследить изменение силового режима смесителя при приготовлении смеси. С другой стороны, при $G_{cm}=\text{const}$ полученная зависимость характеризует закон нарастания прочностных свойств смеси за время смешивания. Следовательно, по зависимости $N=f_1(\tau)$ можно приближенно установить необходимое время смешивания.

Далее по результатам экспериментов строятся зависимости

$$N_{пл}=f_2(G_{cm}); N=f_3(G_{cm}); N_k=N-N_{пл}.$$

Полученные экспериментальные зависимости $N_{пл}=f(G_{cm})$ и $N_k=N-N_{пл}$ сравниваются с расчетами.

Список используемой литературы:

1. Горский А. М. и др. Расчеты машин литейного производства.-М.: Машиностроение, 1966.-413 с.
2. Беликов О. А. Каширцев Л. П. Приводы литейных машин.- М.: Машиностроение,1971.-311 с.
3. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов.-М.: Машиностроение, 1968.-510 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Козлова Ю.В. – студентка, Марширов И.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На предприятиях, имеющих цикл литейного производства, как правило, в большинстве случаев полагаются преимущественно на практический опыт квалифицированных технологов-литейщиков, которые добиваются положительных результатов при отработке сложных технологий методом проб и ошибок. Использование специалистами главным образом эмпирических приемов при решении технологических проблем сопровождается значительными затратами времени и материальных ресурсов.

Для получения бездефектных отливок интуитивно приходится учитывать роль многих факторов в литейных процессах. Это, например, марка сплава и его свойства, геометрия отливки и ее расположение в форме, параметры литниковой системы, температура расплава и скорость заполнения расплавом формы, материал формы и ее предварительный прогрев.

В тоже время бурное развитие компьютерной техники и применение математического моделирования в литейном производстве привело к появлению большого числа прикладных программ, посредством которых в большинстве случаев успешно решаются задачи по быстрой и качественной разработке технологии изготовления весьма сложных отливок. При этом сегодня уже можно уверенно говорить о реальной экономии времени и материальных ресурсов на этапе подготовки производства.

Современное проектирование литейной технологии осуществляется с помощью САД-систем и включает в себя построение трехмерных (3D) геометрических моделей детали, отливки с литниковой системой, а также литейной оснастки и изготовление по ним чертежной документации. Но для отработки литейной технологии на стадии проектирования без дорогостоящих натуральных экспериментов, а также для оптимизирования уже имеющейся технологии – конфигурации литниковой системы, прибылей, температуры и режима заливки и т.д. - необходимо использовать САЕ-системы.

Программы для моделирования литейных процессов, используемые в настоящее время в России, в основном различаются степенью полноты факторов, учитываемых при моделировании и, соответственно, стоимостью.

ProCAST – лучшая на сегодняшний день зарубежная СКМ ЛП американской фирмы UES, Inc. В начале XXI века пакет был выкуплен французской компанией ESI Group. ProCAST в полной комплектации состоит из восьми модулей : Thermal Analysis (тепловой анализ) , Fluid Analysis (анализ потоков), Meshing-MeshCAST (генератор сетки), Radiation Analysis (радиационный анализ), Stress Analysis (прочностной анализ), Microstructure Modeling (моделирование микроструктур), Inverse Module (модуль инверсионного моделирования), Electromagnetic Analysis (электромагнитный анализ).

MAGMASOFT – СКМ ЛП, разработанная немецкой фирмой MAGMA GmbH. MAGMASOFT имеет следующие модули: preprocessor (подготовка модели), enmeshment (генератор FD сетки), simulation (расчетный модуль), postprocessor (визуализация результатов), database (база данных материалов отливки и формы).

MAGMASOFT имеет средства твердотельного моделирования, а также возможность импорта файлов из CAD-систем в двух форматах – IGES и STL, прямой интерфейс с Pro/Engineer и EUCLID3, экспорт в некоторые FEA-системы.

В базовом варианте MAGMASOFT позволяет моделировать литье в песчано-глинистые формы и кокиль. Для моделирования других видов литья необходимо приобретать дополнительные модули : MAGMAIpdс (литье под низким давлением), MAGMAhpdс (литье под высоким давлением), MAGMAdisa (моделирование литья в безопасные формы для линии DISAMATIC), MAGMAiron (чугунное литье).

Основными отечественными системами компьютерного моделирования являются и LVMFlow (разработчик ЗАО НПО «МКМ», Ижевск) и «Полигон» (разработчик ЦНИИ Материалов совместно с ООО «Фокад», Санкт-Петербург) В них используются различные математические методы: метод конечных разностей и метод конечных элементов соответственно.

За рубежом СКМ **LVMFlow** распространяется шведской фирмой NovaCast AB под маркой NovaFlow. Эта система состоит из следующих модулей: LVMFlowDatabase (Банк сплавов и материалов форм); LVMFlowBrowser (Архив результатов моделирования); LVMFlowInitial (Задание технологических параметров); LVMFlowConvertor (Конвертор – интерфейс с CAD системами); LVMFlowQuickFlow (Заполнение без учета тепловых процессов); LVMFlowFlow (Заполнение с учетом тепловых процессов); LVMFlowFlowSolid (Моделирование заполнения и затвердевания); LVMFlowSolid (Моделирование затвердевания); LVMFlowCalibrate (Калибровка исходных данных); LVMFlowStress (Расчет напряжений и деформаций).

Система импортирует файлы из CAD-систем следующих форматов: STL, DXF, CAT (CATIA), ASC (CADdy). Форма в виде прямоугольного параллелепипеда создается автоматически при задании ее минимальной толщины вокруг отливки, также легко может быть создана оболочковая форма заданной толщины.

В России и за рубежом **СКМ ПОЛИГОН** распространяется фирмой FoCAD. Данная СКМ позволяет моделировать следующие литейные процессы для алюминиевых сплавов, чугуна и стали: затвердевание, образование усадочных раковин и макропористости, образования микропористости, процесс заполнения формы металлом, развития деформаций в интервале затвердевания.

Процесс моделирования с применением СКМ ЛП «Полигон» включает в себя следующие этапы:

1. Создание электронной модели отливки.
2. Создание электронной модели литниково-питающей системы (ЛПС).
3. Генерация конечно-элементной сетки по созданным моделям.

4. Согласование с цехом-изготовителем отливки условий заливки: температура металла, температура формы, способ заливки, условия охлаждения формы и т.п.

5. Подбор теплофизических свойств металла и других материалов.

6. Расчет процесса заполнения формы металлом.

7. Расчет процесса затвердевания отливки.

8. Изучение результатов моделирования совместно с технологом, внесение изменений в конструкцию ЛПС, изменение параметров технологического процесса.

Повторение п.п. 2, 6, 7, 8 до получения удовлетворительного результата

СКМ ЛП «Полигон» позволяет оценить эффективность ЛПС, предложенных технологом, на стадии разработки техпроцесса и выбрать наиболее оптимальный вариант для получения качественной отливки, не прибегая к дорогостоящим опытным плавкам. При этом «Полигон» позволяет существенно сократить время отработки ЛПС, повысить качество принимаемых конструктивных и технологических решений при существенном сокращении материальных затрат на опытную отработку технологии литья.

В настоящее время на кафедре «Машиностроительные технологии и оборудование» в рамках НИРС, а также курсового и дипломного проектирования, активно используется университетская версия СКМ «Полигон» при разработке технологических процессов изготовления отливок из черных и цветных сплавов.

Список литературы

1. Труды 4-й международной научно-практической конференции «Прогрессивные литейные технологии» Под ред. проф. Белова В.Д. – М.: ИД Медпрактика – М, 2007, 280 с. с. 173-177

2. Информация с сайта <http://poligonsoft.ru/>

3. Информация с сайта <http://castsoft.ru/>

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИСЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИИ НА ЭКСТРЕМУМ ПРИ РАСЧЕТЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Козлова Ю.В. – студентка, Беккель Д.В. – студентка, Москалев
В.Г. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время в связи с усовершенствованием литейных машин (увеличение развиваемых ими усилий и расширение диапазона регулирования скоростей), а также созданием принципиально новых конструкций машин применяется индивидуальный гидравлический привод, который реализует все преимущества гидравлики высокого давления (обычно масла 2,5 + 20 МН/м²) в отношении компактности механизмов и плавности хода.

Совершенствование конструкций гидроприводов и опыт эксплуатации непрерывно расширяют область их применения: в машинах литья под давлением, кокильных, прессовых формовочных, автоматических формовочных линиях, в заливочных установках, пескометах и т.д.

Обычный индивидуальный гидропривод с одним насосом и одним прессовым цилиндром формовочной машины имеет тот недостаток, что полная мощность насоса используется только в самом конце хода прессования.

В связи с этим, наиболее рациональным может быть индивидуальный гидропривод с двумя степенями скорости 1, 2, идея которого заключается в том, что на первом участке хода прессовый стол движется с большей скоростью, а в конце хода прессования на некотором конечном, втором его участке движение прессового стола осуществляется с малой скоростью.

Использование гидравлических прессовых механизмов с двумя степенями скорости позволяет в 2 раза сократить время рабочего хода или при том же времени прессования значительно уменьшить мощность установленного привода.

Такие показатели работы прессового механизма достигаются при строго определенном соотношении его параметров и правильном выборе момента переключения скорости.

Исследовав уравнение прессования О.А. Беликова на экстремум, можно найти оптимальное соотношение площадей поршня цилиндра и минимальное время рабочего хода прессового механизма. Обычно $X_{opt} = 0,15 - 0,20$.

Алгоритм решения:

Определить конечное давление прессования p_{n2} по уравнению О.А. Беликова.

Вычислить высоту наполнительной рамки h .

Вычислить полный ход прессового механизма S и приведенную высоту слоя формовочной смеси H_0

Исследовать на экстремум уравнения, т.е. найти x_{opt}

Полученное уравнение решается приближенным методом половинного деления на ЭВМ. Программа решения уравнения $\Phi(x) = \frac{1}{a}t$ прилагается.

Например, при решении уравнения методом половинного деления на ЭВМ надо знать начальные значения аргумента x , лежащие справа и слева от корня уравнения.

Решение на машине в соответствии с прилагаемой программой выдается в виде значения x_0 и x_1 , отличающихся друг от друга на величину меньшую 0,001. В этом полученном интервале и лежит значение x_{opt} .

На машине вычисляется, также, значение функции $\Phi(x)$ при x_{opt} , т.е. $u = \Phi(x_{opt})$.

Program WAN;

label 1,2,3,4;

Var

B,C,D,E,G,U,S,XM,XO,XK,P,YA,YB,YK,DX,X,YC,Y,XP,FX,EP,YO:real;

Begin

Writeln ('Введите константы:');

Write ('Холостой ход, [м]');

Readln (B);

Write ('Приведенная высота неуплотненной формовочной смеси, [м]');

Readln (C);

```

Write ('Плотность ф.с. (при P=0,1 МН/м кв.), [кг/м куб.]);
Readln (D);
Write ('Коэффициент E');
Readln (E);
Write ('Коэффициент уплотняемости, [кг/м куб.]);
Readln (G);
Write ('Коэффициент потерь');
Readln (U);
Write ('Общий путь стола машины, [м]');
Readln (S);
Write ('Введите точность вычисления');
Readln (EP);
XM:=(1000-D)/G;
X0:=(EXP(XM*LN(D))+E*U)/E/1.5;
XK:=1;
YA:=434.3*C*G*1.5*(1-X0)/(1.5*X0-U)*SQR(D+G+Ln(E*1.5*X0-
U)/Ln(10));
1: Y0:=B+C*(1-1000/(D+G+Ln(E+1.5*X0-U)/Ln(10)))-YA;
YB:=434.3*C*G*1.5*(1-XK)/(1.5*XK-U)*SQR(D+G*Ln(E*(1.5*XK-
U))/Ln(10));
2: YK:=B+C-1000*C/(D+C*Ln(E*1.5*XK-U)/Ln(10))-YB;
DX:=XK-X0;
If DX<EP THEN
Goto 3;
X:=(XK+X0)/2;
YC:=434.3*C*G*1.5*(1-X)/(1.5*X-U)/SQR(D+G*Ln(E*(1.5*X-
U))/Ln(10)); Y:=B+C-1000*C/(D+G*Ln(E*(1.5*X-Y)/Ln(10)))-YC;
If Y0*Y<0 THEN
Begin Xk:=X;
Goto 2
End;
If Yk*Y<0 THEN
Begin X0:=X;
Goto 2
End;
Writeln ('Решения нет');
Goto 4;
3:XP:=(XK+X0)/2;
FX:=S-(B+C-1000*C/(D+G*Ln(E*(1.5*XP-U))/Ln(10)))*(1-XP);
Writeln ('Решение');
Writeln;
Writeln('XP=',XP);
Writeln('FX=',FX);
4:;
Readln;
END.

```

Использованная литература:

1. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. И., «Машиностроение», 1968.
2. Беликов О.А., Каширцев Л.П. Приводы литейных машин. И., «Машиностроение», 1971.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ СМЕСЕЙ

Луганский А.Ю. – студент, Григор А.С. – аспирант, Марков В.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для улучшения товарного вида отливок и уменьшения пригара в составе формовочных смесей используют углеродсодержащие материалы (УСМ). При использовании твердых УСМ их частицы покрываются адгезивной оболочкой глинистое связующее, однако из-за отсутствия на поверхности частиц УСМ активных центров взаимодействие с частицами адгезивной оболочки не происходит и, соответственно, прочность смеси ниже. Если УСМ содержит активные центры, свободные связи или функциональные группы, то возможно образование соединений с частицами адгезивной оболочки, и прочность песчано-глинистой смеси повышается. При применении жидких УСМ возможно несколько вариантов взаимодействия:

- жидкость не содержит фракций или соединений, имеющих открытые связи, тогда она чисто механически распределяется по гидрофильной поверхности твердой фазы, участки, покрытые УСМ, становятся гидрофобными и не покрываются гидрофильной адгезивной оболочкой или адгезивным субстратом;

- жидкий УСМ содержит соединения с открытыми связями. В этом случае возможно их взаимодействие с участками поверхности частиц твердой фазы и в зависимости от степени гидрофобности такую тина УСМ могут улучшаться либо ухудшаться прочностные свойства, смеси.

В процессе формообразования в микрообъемах смеси на точечных контактах частиц ультрадисперсной фракции адгезивной оболочки возникают колоссальные давления (150...180 МПа), зерна сближаются, адгезивная оболочка деформируется, в результате чего частицы ГС сближаются, выдавливая лишнюю свободную воду в межзерновое пространство и образуя "сухой" контакт зерен и частиц через адгезивный субстрат. При "сухом" контакте и высоких точечных давлениях термодинамически возможно образование химических связей между основными компонентами.

При заливке формы металлом слои прочность песчано-глинистой смеси подвергаются тепловому воздействию, в результате которого происходят следующие процессы: полиморфные превращения в зернах кварцевого песка сопровождающиеся изменениями их объема, накоплением внутренних напряжений или образованием трещин; дегидратация глинистого связующего и адгезивный субстрат.

В результате теплового воздействия металла изменяется состояние УСМ, находящегося в слоях формы:

- под действием высоких температур в слоя смеси, близко прилегающих к отливке (5...20 мм), идет термоокислительное разложение УСМ с образованием пироуглерода (8...12%), газовой фазы, коксового остатка и побочных продуктов;

- в отдаленных слоях формы происходит терморазложение УСМ с образованием газообразных продуктов в соответствии с температурой слоя формы, их последующей фильтрацией в глубинные слои формы и конденсацией на поверхности твердой фазы;

- часть продуктов разложения УСМ, имеющих низкую температуру газообразования, удаляются за пределы литейной формы, где при избытке кислорода могут сгорать;

- основная масса продуктов терморазложения УСМ конденсируется в соответствии с их температурой кипения и температурой слоев формы на поверхности частиц адгезивной оболочки;

- тяжелые полиароматические углеводороды с высокой температурой плавления и кипения (200...450°C), попадая в слои формы, прогретые выше $T = 100...105^\circ\text{C}$ конденсируются на обезвоженных поверхностях частиц адгезивного субстрата, проникая в поры, трещины или между частицами, прочно скрепляя их между собой плотной гидрофобной углеродсодержащей пленкой, что способствует укрупнению зерновой основы

смеси.

К углеродосодержащим материалам, таким как молотый уголь, каменноугольная пыль, битум, кероген и другие органические вещества, предъявляются следующие основные требования: максимальный выход "блестящего углерода"; оптимальный выход летучих; оптимальные температуры термического разложения; наличие пластических свойств; технологическая совместимость с другими формовочными материалами, входящими в состав смеси; технологичность; соответствие нормам санитарно-гигиенических условий производства.

Основной противопопригарной добавкой в составе песчано-бентонитовых формовочных смесей является молотый каменный уголь, применение которого наиболее целесообразно ввиду его сравнительно низкой стоимости, доступности и эффективности.

Каменный уголь - неотъемлемый компонент песчано-бентонитовых смесей для производства чугунных отливок в современных литейных цехах. Действие его многофункционально: предотвращение трудноудаляемого пригара; уменьшение шероховатости поверхности отливок; снижение вероятности появления на отливках ужимин; улучшение выбиваемости формовочной смеси (ФС), то есть разделения смеси и отливок на выбивных решетках.

Противопригарное действие каменного угля связывают с образованием пиролитического (блестящего) углерода при разложении угля в момент контакта формы с расплавленным металлом. Газифицирование угольной пыли, начинающееся при температуре около 100°C, развивается вначале медленно, а затем, по достижении точки размягчения, очень быстро, что приводит к образованию восстановительной атмосферы в поверхностном слое формы. В интервале температур размягчения угля, совпадающем с интервалом интенсивного выделения из формовочной смеси газов, уголь вспучивается и вследствие большого объемного расширения проникает в поры смеси, обволакивая зерна песчаной основы полукочком. Из углеводородов, содержащихся в газовой фазе, при температуре свыше 600 °C выделяется пиролитический углерод, оседающий в виде тонкой пленки на поверхности кварцевых зерен, находящихся в зоне интенсивного прогрева формы металлом. Пиролитический углерод благодаря высокой прочности сцепления с зернами кварца и незначительной смачиваемости металлом уменьшает проникновение металла в поры формы.

К недостаткам каменноугольной противопопригарной добавки следует отнести низкий выход пироуглерода, накопление в процессе оборота смеси коксового остатка, снижение газопроницаемости смеси при использовании мелкодисперсного молотого угля, ухудшение санитарно-гигиенических условий работы за счёт выделения полиароматических соединений. Для устранения этих недостатков практикуют применение композиций из углеродсодержащих материалов (жирного или коксующегося каменного угля, пека, битума, керогена, торфа и др.). Применяют также твердые продукты переработки нефти - асфальтовые продукты, нефтяной кокс и битум взамен молотого угля. Эффективность их применения обусловлена высоким выходом пироуглерода - более 40 %.

Практикуют применение жидких углеродсодержащих добавок, например мазута, однако этот компонент в составе песчано-бентонитовых смесей вызывает обильное дымовыделение, что нецелесообразно по санитарно-гигиеническим условиям. К жидким противопопригарным добавкам относят также битуминизированные эмульсии, газойль, петролеум и др. Преимуществами жидких противопопригарных добавок являются повышение противопопригарных свойств, улучшение условий автоматического дозирования в бегуны, повышение газопроницаемости смесей путем уменьшения содержания мелочи, улучшение санитарно-гигиенических условий, сокращение складских помещений. К недостаткам жидких углеродсодержащих добавок следует отнести уменьшение эффективности их действия с увеличением толщины стенок отливок.

В качестве стабилизатора влажности песчано-бентонитовой смеси, а также для повышения ее пластичности и улучшения качества отпечатка формы используют злаковые

добавки в виде порошков, крахмалит, мелясу, экструзионные крахмалсодержащие реагенты, продукты переработки растительного сырья и их разнообразные композиции.

В зарубежной практике получили широкое распространение комплексные добавки - премиксы, или компаунды, стабилизирующие свойства песчано-бентонитовых смесей, снижающие расход формовочных материалов, улучшающие условия автоматического дозирования компонентов смеси в бегуны, снижающие дефекты форм и отливок. Премиксы представляют собой механическую смесь компонентов формовочной смеси, состав которой и количественные соотношения между компонентами определяются назначением смеси. Премиксы, используемые при приготовлении формовочных смесей, предназначенных для получения чугунных отливок, содержат бентонит, УСМ, крахмалсодержащие добавки, различные ПАВ. Рациональный подбор рецептур премиксов обеспечивает возможность их эффективного и универсального воздействия на качество песчано-бентонитовых формовочных смесей.

Накопление в оборотной смеси побочных продуктов термического разложения углеродосодержащих материалов порождает проблему регенерации оборотной смеси.

В целях устранения вышеуказанных недостатков, свойственным традиционным углеродосодержащим материалам предлагается вводить готовый нанодисперсный пироуглерод марок П – 324 или N – 330 ГОСТ 7885-86 в состав которого входит: 89...99 % C; 0,3...0,5 % H; 0,1...10 % O; 0,1...1,1 % S; до 0,5 % минеральных примесей. Средний диаметр частиц – 24...32 нм., активная поверхность частиц 75...82 м²/г., добавляемого непосредственно в ФС в процессе смесеприготовления в виде сухого порошка или в составе комплексной добавки. Также пироуглерод имеет большую термостойкость и при воздействии высоких температур не выделяет вредных веществ, чем выгодно отличается от других углеродосодержащих материалов.

Применение нанодисперсного пироуглерода, получаемого за пределами литейной формы, со стабильными свойствами и высоким содержанием чистого мелкокристаллического углерода (до 90...98%) исключает накопление в оборотной смеси побочных продуктов термодеструкции, характерных для известных УСМ, и принципиально изменяет механизм формирования технологических и физико-механических свойств смеси. В процессе перемешивания частицы ГС распределяются по поверхности зерен песка и одновременно покрываются нанодисперсными частицами пироуглерода. Первоначальное хаотическое расположение глинистого связующего можно определить как структуру типа «карточного домика». В процессе перемешивания частицы глинистого связующего с необходимой плотностью, покрытые частицами пироуглерода, формируют слоистую текстуру типа «сэндвич». Отдельные частицы глинистого связующего разделены не только слоем связанной воды, но и частицами пироуглерода. В результате адсорбции частиц пироуглерода интенсифицируется диспергирование частиц глинистого связующего и уменьшается их агрегатирование, что приводит к повышению прочности смеси и, соответственно, к уменьшению содержания глинистого связующего в смеси.

Наличие текстуры глинистого связующего типа «сэндвич» придает смеси улучшенные технологические свойства: высокую сыпучесть и текучесть, меньшую комкуемость и слеживаемость. В процессе заливки и прогрева слоев формы уменьшается усадка глинистого связующего, так как его частицы разделены между собой частицами пироуглерода. При повторном использовании смеси агрегаты частиц глинистого связующего разрушаются по тем поверхностям, где расположены частицы пироуглерода до дисперсности, которую они имели в предыдущем цикле приготовления, при этом образуются новые мелкие активные частицы.

Применение готового пироуглерода вместо традиционных УСМ позволяет: сократить расход последних в 75 раз, снизить газотворность формовочной смеси, оптимизировать физико-механические и технологические свойства смеси, улучшить экологическую обстановку в литейном цехе.

НАНОДИСПЕРСНЫЙ ПИРОУГЛЕРОД ОСНОВНАЯ
ДОБАВКА В ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ НА БАЗЕ РЕЧНОГО ПЕСКА
Миронова М.В. - аспирант
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При изготовлении отливок важно чтобы каждый компонент формовочной смеси (ФС) соответствовал необходимым требованиям. Для того чтобы улучшить товарный вид отливок и уменьшить пригар в составе формовочных смесей используют углеродсодержащие материалы, к которым предъявляют определенный ряд требований: максимальный выход «блестящего углерода», оптимальный выход летучих, технологическая совместимость с другими формовочными материалами, соответствие нормам санитарно-гигиенических условий производства (это является обязательным условием) и другие требования. Внешний вид отливки в первую очередь можно оценить по ее поверхности. На шероховатость поверхности отливок влияет зерновой состав смеси и не только. Также оказывают влияние и добавки, которые в свою очередь приводят к уменьшению затрат на обработку. Наиболее известной углеродсодержащей добавкой для песчано-глинистых смесей является молотый каменный уголь. Но развитие литейного производства и машиностроения в целом приводит к поиску все новых и новых решений для получения качественных отливок. В настоящее время известна такая противопригарная добавка как нанодисперсный пироуглерод (НДПУ). Следует отметить, что в современном мире нанотехнологии заняли уже одно из первых мест. Используя высокодисперсные огнеупорные порошки, можно улучшить поверхность литейной формы, состоящей из относительно крупного песка, и тем самым повысить качество поверхности отливки [2]. Рассматривая подробнее свойства НДПУ в смеси, его поведение можно условно разделить на два процесса. Первый процесс связан с чисто механическим влиянием пироуглерода на процессы дезагрегации частиц глинистого связующего и формированием на поверхности зерен песка термостойкой адгезивной оболочки, которая обеспечивает антипригарные свойства формовочной смеси. Второй процесс связан с химическим взаимодействием нанодисперсных частиц пироуглерода с кремнеземом адгезивного субстрата и образованием новой высокотемпературной фазы – карбид кремния (SiC).

При использовании этой добавки ускоряется процесс формирования прочности смеси, сокращается время на приготовление, и повышается эффективность использования потенциальной вяжущей способности глинистого связующего. Существует мнение, что частицы НДПУ в смеси выполняют роль экрана или разделителя между частицами глинистого связующего и адгезивного субстрата. Объяснить это можно тем, что в процессе заполнения формы металлом и прогрева смеси частицы глинистого связующего, покрытые частицами пироуглерода отдадут воду, сблизятся до критического расстояния, но при этом они не могут образовывать прочные агрегаты, т.к. по базальным поверхностям они разделены между собой частицами пироуглерода.

Существует мнение что гранулометрический состав каменноугольной добавки должен примерно соответствовать зерновой структуре применяемого кварцевого песка [1], так как применение антипригарной добавки в пылевидном состоянии может привести к ухудшению физико-механических и технологических свойств формовочных смесей, а также значительно возрастет скорость газовой выделения. Однако размер зерна нанодисперсного пироуглерода значительно меньше размеров наполнителя формовочной смеси (24-32 нм) и при этом он только улучшает качества смеси. По выходу блестящего углерода каменноугольные добавки значительно уступают, потому что НДПУ это уже готовый 100%-й блестящий углерод. Для наглядного подтверждения положительного действия нанодисперсного пироуглерода в смеси проводились эксперименты на универсальной технологической пробе по определению вероятности образования пригара и формированию литой поверхности при использовании антипригарной добавки. Смеси образцов были изготовлены на основе кварцевого песка

марки $1K_2O_2O_2$, а также речного песка марка которого была определена как $3O_4O_2$. Если говорить об их составе, то содержание SiO_2 в речном песке значительно уступает карьерному – 85-94% и 96-98% соответственно, а также глинистой составляющей значительно меньше. Пески отличаются также и формой зерен. Зерна речного песка более округлой формы с гладкой поверхностью, зерна карьерного песка имеют угловатую форму и шероховатую поверхность. Однако ситовой анализ представленных песков говорит о том, что существует незначительная разница в размерах и количествах зерен одинаковой фракции.

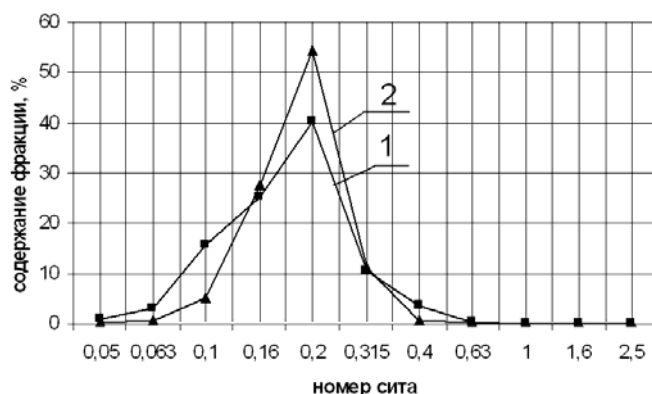


Рисунок 1. Гранулометрический состав зерновой основы песков
1 – речной песок и 2 – карьерный песок марки $1K_2O_2O_2$

При проведении эксперимента с речным песком на высокотемпературных сплавах была высока вероятность образования трудноотделимого пригара из-за высокого содержания слюды. Прежде чем сделать заливку металла, были исследованы физико-механические свойства экспериментальных формовочных смесей. В результате чего были получены следующие данные – прочность на сжатие в сыром состоянии у ФС на основе речного песка $0,78 \text{ кгс/см}^2$, ФС на основе карьерного песка $0,79 \text{ кгс/см}^2$, базовая смесь для получения чугунных отливок варьируется от $0,60$ до $0,80 \text{ кгс/см}^2$ влажность - 3,6%, 3,2 % соответственно, влажность базовой смеси 2-3%, газопроницаемость - 193 и 126 соответственно и не ниже 80 газопроницаемость базовой смеси. Из этого следуют выводы, что нанодисперсный пироуглерод с речным песком образует смесь, которая отвечает требованиям формовочной смеси для получения качественных отливок. После опробования речного песка на высоко- и низкотемпературных сплавах были получены отливки, на поверхности которых образовался пригар, который можно было легко удалить. Исходя из того, что пироуглерод получают при высоких температурах (1600°C), он является очень термостойким компонентом формовочной смеси. Находясь в составе адгезивной оболочки, которая обволакивает зерна наполнителя формовочной смеси, он повышает тем самым и термостойкость ФС в целом. В литейном производстве практикуют также применение жидких углеродсодержащих добавок. Наиболее ярким представителем этой группы является мазут. Сравнивая эту добавку с нанодисперсным пироуглеродом, второй все же является предпочтительнее в силу того, что при его использовании в рабочее пространство выделяется гораздо меньше вредных веществ, в то время как использование мазута в составе песчано-глинистых смесей вызывает обильное дымовыделение.

Пироуглерод, наряду с положительным воздействием на комплекс свойств ПГС и повышением чистоты поверхности отливок, устраняет накопление в оборотной смеси экологически вредных соединений, что предопределяет перспективность его применения в литейном производстве.

Список литературы:

1. Болдин А.Н. Литейные формовочные материалы./ Болдин А.Н., Давыдов Н.И., Жуковский С.С. и др. – М.: Машиностроение, 2006 – 507 с.
2. Сварика А.А. Покрытия литейных форм / А.А. Сварика. – М.: Машиностроение, 1977.-216 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НОМИНАЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ Q_n
МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ФОРМОВОЧНОЙ МАШИНЫ 91271БМ**
Рощик Р.Ю. – студент, Москалёв В.Г. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Во многих литейных цехах (В частности на Алтайском моторном заводе АМЗ) широко применяется встряхивающая с допрессовкой формовочная машина мод. 91271 БМ. Её максимальная грузоподъёмность составляет 160 кг, а поршневое воздухораспределение не позволяет регулировать параметры машины.

В этой связи на АМЗ, в чугунолитейном цехе, была проведена модернизация указанной машины (был увеличен диаметр встряхивающего поршня со 105 мм до 115 мм, а воздухораспределение выполнено с помощью односедельного перекидного клапана); последнее позволяет регулировать ход наполнения S_e , высоту встряхивания h , энергию удара e и отражения e' , число ударов в минуту n , коэффициент использования потенциальной энергии η и полезную мощность N .

На кафедре МТиО Алтайского государственного технического университета имени И.И. Ползунова для определения основных параметров машины в зависимости от S_e , полезной нагрузки Q_n и давления сети P_0 была использована методика обработки индикаторных диаграмм изложенная в работе (1).

Исследование проводилось путем снятия индикаторных диаграмм на индикаторе С122. Снятие диаграмм производилось при постоянном давлении воздуха в сети $P_0 = 5$ атм, $S_e = 15$ мм и нагрузке (Q) – 165 кг; 200 кг; 240кг. Результаты исследования зависимости от Q , представлены в таблице.

После обработки индикаторных диаграмм строили графики зависимости n ; η ; h и N от величины нагрузки (Q), таблица.

Таблица

Определяем параметры	Полезная нагрузка (Q), кг		
	165	200	240
n , уд/мин	288	270	228
η	0,32	0,41	0,28
h , мм	43	34	26
N , H^*M / c	10898	12546	6639

Где под Q понимают

$$Q = Q_c + Q_n,$$

где Q_c – вес поднимаемых частей машины (стол с поршнем); Q_n – полезная нагрузка (вес модели с подмодельной плитой, опока, смесь).

Анализ полученных результатов показал, что грузоподъёмность Q машины возросла со 160 кг до 200 кг, т.е. на 25%. Достигнута также экономия сжатого воздуха на формовку до 10%.

Литература

1. Аксёнов П.Н. Оборудование литейных цехов.-М.: «Машиностроение», 1977.
2. Горский А.И. Расчёт машин и механизмов автоматических линий литейного производства.- М.: «Машиностроение», 1978.
3. Матвеев И.В., Тарский В.Л. Оборудование литейных цехов.-М.: «Машиностроение», 1979.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ ДЛЯ ОТЛИВОК СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ

Тишков Н.А., Казицин А.В. – студенты, Марширов И.В. – к.т.н., доцент,
Мустафин Г.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ЧШГ), характеризующийся сочетанием высоких технологических, физико-механических и эксплуатационных характеристик, широко применяется взамен стального литья, поковок, штамповок, ковкого и серого чугунов, обеспечивая надежность и долговечность изделий в различных режимах эксплуатации. Высокая жидкотекучесть этого сплава открывает возможности расширить номенклатуру изделий из него, снизить сечение и массу отливок, повысив тем самым их жесткость.

Основными факторами регулирования литой структуры и уровня физико-механических и эксплуатационных характеристик высокопрочного чугуна являются: качество исходного расплава, режимы модифицирования, (включающие состав, количество, способ и очередность ввода присадок), химический состав и скорость затвердевания металла.

Чугуны марок ВЧ 50, ВЧ 60 с преобладанием перлита в структуре металлической основы можно получать как в литом состоянии, так и в результате термической обработки. Цель термической обработки – разложение структурно свободного цементита в относительно тонких сечениях отливки (графитизирующий отжиг) или упрочнение перлитной матрицы (нормализация). Может быть использована комбинированная термическая обработка, преследующая целью разложение структурно свободного цементита с последующей нормализацией.

Чугуны ВЧ 35, ВЧ 40, ВЧ 45 с преобладанием феррита в структуре металлической основы получают графитизирующим отжигом для разложения структурно свободного и эвтектоидного цементита.

В отличие от чугуна с пластинчатым графитом, механические свойства чугуна с шаровидным графитом в большей степени определяются металлической основой и в меньшей – количеством, размерами и распределением графитовых включений. Поэтому ряд режимов термической обработки, используемых для повышения механических свойств стали, оказывается эффективным также и для высокопрочного чугуна.

Литейные свойства чугунов с шаровидным графитом отличаются от соответствующих параметров с пластинчатым графитом. Как правило, жидкотекучесть ВЧШГ составляет 70-80 % жидкотекучести ЧПГ, а усадка (как объемная, так и линейная) больше, чем у чугунов с пластинчатым графитом, на 30-50 %. Жидкотекучесть и усадка чугунов с шаровидным графитом зависят от многих факторов и в первую очередь от химического состава, температуры перегрева и способа сфероидизирующей обработки.

Целью данной работы являлась разработка технологического процесса получения чугуна с шаровидным графитом для отливок сельхозмашиностроения применительно к условиям литейного участка ОАО «АНИТИМ».

При проведении работы выплавку исходного расплава чугуна проводили в индукционной тигельной печи емкостью тигля 120 кг с кислой футеровкой. В качестве шихтовых материалов использовали: передельный чугун, ферросилиций марки ФС75, возврат собственного производства, отходы углеродистой стали. Сфероидизирующее модифицирование проводили в разливочном ковше железо-никель-магний-цериевой лигатурой ЖНМгЦ.

Измерение температуры в тигле печи и разливочном ковше осуществляли с помощью термодатчика погружения (преобразователь термоэлектрический ТПР-91-80) и электронного регистратора температуры «Параграф». Температура перегрева расплава перед выпуском в разливочный ковш составляла 1430-1480 °С.

Экспресс-контроль исходного и модифицированного чугуна осуществляли по виду излома технологической пробы, заливаемой, соответственно, из печи после расплавления шихты и из разливочного ковша после обработки расплава модифицирующе-рафинирующей смесью.

На основе проведенного анализа по влиянию химического состава (C, Si, Mn) на структуру и свойства чугуна с шаровидным графитом рекомендован следующий состав чугуна перед модифицированием: углерод – 3,3-3,6%; кремний – 2,3-2,7%; марганец – 0,3-0,5%; содержание фосфора и серы – менее, соответственно 0,1 и 0,02%.

При этом для получения шаровидной формы графита остаточное содержание магния в чугуне должно быть в пределах 0,03-0,07. Учитывая, что коэффициент усвоения магния при использовании выше указанной лигатуры неизвестен, на начальном этапе исследований количество магнийсодержащей лигатуры варьировалось в пределах (0,6-1,0%) от массы заливаемого в ковш расплава чугуна. При этом также на дно ковша совместно с лигатурой помещали ФС75 в качестве графитизирующего модификатора и фтористый кальций – как рафинирующую добавку.

Анализ данных по опытным плавкам показывает, что при обработке расплава чугуна сфероидизирующим модификатором в количестве 0,8% в структуре чугуна содержится лишь 20% шаровидного графита, а 80% – вермикулярного графита. Увеличение количества вводимой в расплав лигатуры ЖНМгЦ до 1,0% позволяет стабильно обеспечивать 100% шаровидной формы графита.

В литом состоянии структура металлической основы, определяемая в соответствии ГОСТ 3443-87, на образцах после механических испытаний, состояла из 80% феррита и 20% перлита, после термической обработки (нормализации) – из 95 % перлита и 5 % феррита. При этом полученный высокопрочный чугун с шаровидным графитом имел следующие показатели механических свойств: в литом состоянии – предел прочности $\sigma_b = 585$ МПа, условный предел текучести $\sigma_{02} = 420$ МПа, относительное удлинение $\delta = 7,0$ %, твердость по Бринеллю = 2070 МПа. После термической обработки – $\sigma_b = 865$ МПа, $\sigma_{02} = 670$ МПа, $\delta = 3,4$ %, НВ = 2850 МПа.

Таким образом, использование в качестве сфероидизирующего модификатора железоникель-магний-цериевой лигатуры позволяет обеспечить в соответствии с требованиями ГОСТ 7293-85 получение в литом состоянии высокопрочного чугуна с шаровидным графитом марки ВЧ 50, а после термической обработки – ВЧ 80.

При разработке технологического процесса производства отливок из чугуна с шаровидным графитом большое внимание уделяется проектированию литниково-питающих систем (ЛПС). Питание отливок из ЧШГ в форме производится с учетом объемных изменений, имеющих место при кристаллизации чугуна. Характерной особенностью чугунов по сравнению со сталью является тот факт, что процесс затвердевания в форме сопровождается увеличением объема и для ЧШГ эта величина в 3-4 раза больше, чем для ЧПГ. Для стали присуща послойная кристаллизация, ЧШГ склонен к объемной кристаллизации, ЧПГ имеет комбинированный тип кристаллизации.

В связи с этим расчет элементов литниковой системы, определение места подвода металла к отливке, определение количества и размеров прибылей для отливок из чугуна с шаровидным графитом имеют специфические особенности.

Данные особенности литейных свойств ЧШГ были учтены при разработке технологических процессов изготовления ряда отливок сельхозмашиностроения.

При этом при проведении работы, наряду с применением известных методик расчета литниково-питающих систем, для прогнозирования качества достаточно сложных по конфигурации отливок была использована система компьютерного моделирования «Полигон».

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЧАШЕЧНОГО СМЕСИТЕЛЯ С ВЕДУЩИМИ КАТКАМИ

Функ Т.В. – студент, Марков В.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В литейном производстве заключительным и более ответственным этапом приготовления формовочных и стержневых смесей является смешивание их составных частей. В теории и практике процесса приготовления песчано-глинистых формовочных смесей центральным вопросом является механизм формирования комплекса их свойств и определение функций смесителя или его рабочих органов с точки зрения оптимального воздействия на компоненты смеси для эффективного достижения конечной цели при минимальных энергозатратах. Решение этого узлового вопроса позволит совершенствовать известное смесеприготовительное оборудование и определить направления создания нового более эффективного оборудования [1].

Катковые смесители периодического действия имеют неподвижную чашу и два гладких катка, которые под действием вращения траверсы катятся по слою смешиваемого материала, загруженного в чашу, описывая круги вокруг центрального вертикального вала и в то же время вращаясь вокруг собственной оси. При помощи плужков смешиваемый материал направляется под катки (рис. 1).

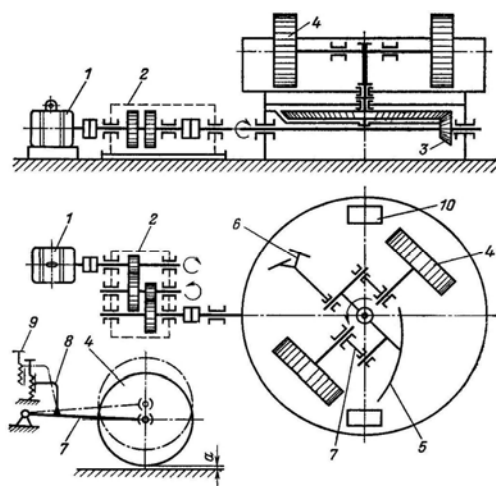


Рисунок 1. Кинематическая схема катковых смесителей:

1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – конические шестерни; 4 – катки; 5 и 6 – плужки; 7 – кривошип; 8 – кронштейн кривошипа; 9 – регулирующий винт; 10 – разгрузочные дверки днища чаши

Однако, наезжая на смесь, находящуюся на дне чаши, катки своим весом давят на нее; смесь деформируется и частично выжимается из-под катков вперед и в стороны. (рис. 2). Это затрудняет дальнейшее движение катка и поэтому к его центру необходимо приложить силу P [2].

Чашечный смеситель с механическим приводом на вертикально вращающиеся катки также содержит неподвижную цилиндрическую чашу и два катка (рис. 3). Крутящий момент через редуктор, вертикальный вал, зубчатую передачу и промежуточные валы передается непосредственно на катки. Вращаясь вокруг собственной оси, катки начинают перемещаться по слою смешиваемого материала, загруженного в чашу, вокруг центрального вертикального вала, создавая тяговое усилие, которое через рычаги передается на траверсу с закрепленными на ней плужками.

Такие смесители равномерно распределяют составные части в массе смеси и обеспечивают хорошее обволакивание песчаных зерен оболочками влажной глины или другого связующего.

Смешивающее действие смесителя сводится к давлению катков на смесь, скольжению катков относительно днища чаши и к дополнительному перемешиванию смеси плужками.

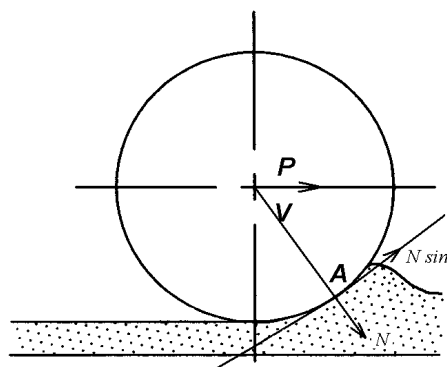


Рисунок 2. Схема движения катка: N – давление катка на смесь; f – коэффициент трения смеси о

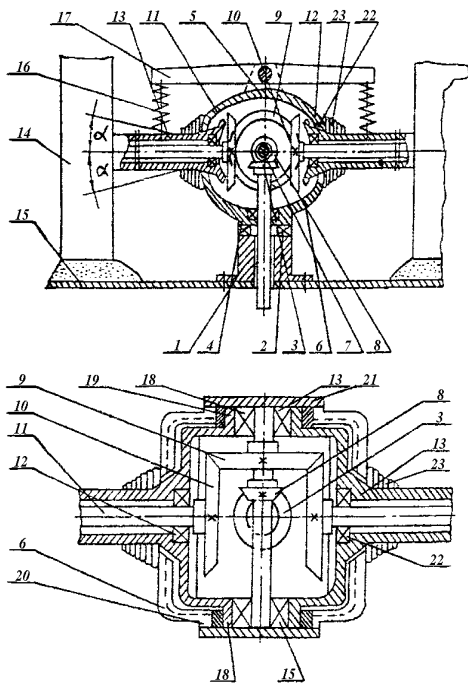


Рисунок 3. Схема привода катков смесителя: 1 – тумба; 2 – вал; 3 – шестерня; 4 – траверса; 5 – верхняя половина траверсы; 6 – нижняя половина траверсы; 7 – вал; 8,9 – шестерни; 11 – вал; 12 – подшипник; 13 – полые рычаги; 14 – катки; 15 – днище; 16 – пружины; 17 – коромысло; 18 – цапфы; 19 – кольца; 20 – отверстия; 21 – крышки; 22 – вертикальные прорези; 23 – гофр

Важнейшим механизмом в конструкции смесителя является осуществление независимого привода на вертикально вращающиеся катки в смесителе. Траверса выполнена в виде разъемного картера с полыми рычагами, внутри которого установлена зубчатая передача, состоящая из конической шестерни, размещенной на конце вертикального вала, горизонтального вала с двумя коническими шестернями и двух промежуточных валов с коническими шестернями, которые кинематически связаны между собой, при этом шестерня вертикального вала связана с одной из шестерен горизонтального вала, а шестерни промежуточных валов связаны с другой шестерней горизонтального вала, причем промежуточные валы установлены на подшипниках в полых рычагах, а катки закреплены на их противоположных концах и соединены с промежуточными валами, при этом полые рычаги шарнирно закреплены в траверсе с возможностью их перемещения в вертикальной плоскости.

Такой смеситель дополнительно позволяет снизить энергопотребление на смесеприготовление. Недостатком является сложная кинематика, а также использование шарнирного крепления рычагов, т.к. существует возможность попадания мелких абразивных частиц в шарнир, что повлечет его заедание и выход из строя [1].

Чашечный смеситель с электроприводом на катки также содержит неподвижную цилиндрическую чашу с разгрузочными люками в днище, траверсу с двумя катками и плужки, а также центральную тумбу с токосъемниками.

Катки при своем движении по слою смеси создают нормальные сжимающие напряжения в смеси и за счет силы трения – горизонтальные сдвигающие напряжения. Наибольшие сдвигающие напряжения возникают непосредственно под катком и они убывают по направлению к днищу. По высоте слоя смеси под катком возникает градиент сдвигающих (горизонтальных) напряжений, что обуславливает формирование в слое смеси поверхностей сдвига или скольжения, необходимых для перетирания зерен песка связующего. При частичном проскальзывании (пробуксовании) поверхности катка относительно смеси эффект перетирания увеличивается, имеет место отрыв объемов смеси и выброс их из-под катков (рис. 4).

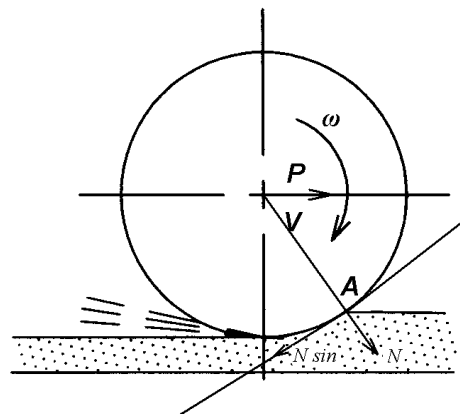


Рисунок 4. Схема движения катка

Ток с блока управления подается непосредственно на встроенные в катки двигатели (колесо-мотор), катки начинают перемещаться по днищу чаши, создавая тяговое усилие, которое через рычаги передается на траверсу с закрепленными на ней плужками. Так как катки являются ведущими, то при своем движении по слою смеси они создают нормальные сжимающие напряжения в смеси и за счет силы трения – горизонтальные сдвигающие напряжения (также как и в случае с чашечным смесителем с механическим приводом на катки).

Также при частичном проскальзывании (пробуксовании) поверхности катка относительно смеси эффект перетирания увеличивается, имеет место отрыв объемов смеси и выброс их из-под катков (рисунок 4). Следовательно, предлагаемый смеситель дополнительно позволяет сократить время цикла, вследствие чего снижается энергопотребление на смесеприготовление.

Еще одним достоинством такого смесителя является то, что в отличие от чашечного смесителя с механическим приводом на катки, в данном смесителе отсутствует сложная кинематика, за счет чего уменьшается количество трущихся деталей, снижается возможность попадания мелких абразивных частиц в шарниры, изнашивание которых может привести к поломке смесителя.

Используемая литература:

1. Марков В.А. Барабанные смесители для приготовления формовочных смесей: Учебное пособие. Алт. гос. техн. ун-т. Им И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1998.
2. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1977.

РАЗРАБОТКА СМЕСИТЕЛЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЬНОЙ МАССЫ

Щербаков Е.С.- студент, Москалев В.Г.- к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При выборе типа смесителя ставится задача перемешивания относительно больших объемов составляющих компонентов модельной композиции и выпуска готовой модельной массы для дальнейшего использования в цехах. Для начала необходимо подобрать модельный состав, близкий по своему составу, а соответственно и по свойствам модельным композициям, основу которых составляет парафин и нефтеполимерная смола с добавлением синтетического тугоплавкого воска или синтетической смолы. Плотность таких составов близка к плотности расплава основы.. Мощность, расходуемая на перемешивание для переходной области (между ламинарной и турбулентной областями) рассчитывается по

следующему соотношению:
$$N = n^3 \cdot d^5 \cdot \gamma \cdot AB \left(\frac{n \cdot d^2 \cdot \gamma}{\eta} \right)^m$$

n- частота оборотов вала смесителя, с⁻¹

d= диаметр лопастей, м

D- диаметр бака, м

γ- плотность перемешиваемой жидкости, кг/м³

η- вязкость перемешиваемой жидкости, Па*с

Полученная величина мощности очень близка к величине мощности, расходуемой на перемешивание в смесителе, используемой на заводах. При расчетах было принято много допущений, в том числе и отсутствие достоверных сведений по свойствам модельной вязкости. Поэтому будем ориентироваться на уже существующую установку и примем мощность электродвигателя привода вала смесителя, равную N=1,5кВт. Выбран

электродвигатель серии 4А: тип 4А80В4, $n=1500$ об/мин. Выбор редуктора: передаточное число $u=25$, вращающий момент на тихоходном валу редуктора $T_m=238$ н*м. В данном случае наиболее подойдет червячный редуктор, т.к. эти редукторы наиболее компактны, а так же позволяют передавать мощность в широком диапазоне- от нескольких ватт, до 200кВт и передаточные отношения таких редукторов находятся в пределах 8...80 для силовых передач. Стандартный червячный редуктор в этом случае подобрать не удастся, поэтому редуктор необходимо проектировать. Пусть ресурс работы редуктора составляет 40000 часов. Остальные исходные данные для расчета редуктора- момент на тихоходном валу редуктора, передаточное отношение, а так же мощность электродвигателя и частота оборотов быстроходного вала редуктора- уже вычислены. Далее производится расчет механизма подъема крышки смесителя. Для подъема крышки смесителя вместе с приводом вала можно применить цепную передачу и пневмоцилиндр. Проводился расчет пневмоцилиндра, закладных колец на смятие и на срез, расчет диаметра роликов. Кольцо в процессе эксплуатации пневмоцилиндра работает на смятие и на срез под действием веса поднимаемых частей, каретки и собственного веса пневмоцилиндра. Система обогрева бака смесителя в разработку не вошла, однако предполагается, что обогрев бака осуществляется с помощью разогретого масла. Так как рабочие температуры смесителя невелики, то это вполне возможно, если применять новые синтетические масла, допускающие температуру нагрева не более 300°C.

Список используемой литературы:

1. «Приводы литейных машин», О.А. Беликов, Л.П. Каширцев, «Машиностроение», 1971г.
2. «Перемешивание и аппараты с мешалками», Ф. Стренк, «Химия», 1975г.
3. «Литье по выплавляемым моделям», под ред. Я.И. Шкленника и В.А. Озерова, «Машиностроение», 1984г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПЕНОПОЛИСТИРОЛОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Беккель Д.В. – студентка, Мустафин Г.А. – к.т.н., доцент, Твердохлеб И.А. – аспирант
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Литейное производство характеризуется длительным и дорогостоящим периодом подготовки. Затраты на изготовление модельных комплектов составляют около 8% суммарной стоимости литейной продукции, а трудоёмкость их изготовления соответствует примерно 18% суммарной трудоёмкости производства литья. Наибольшая трудоёмкость изготовления оснастки приходится на дерево модельные цехи, в которых занята значительная часть всех работающих в модельном производстве.

Зачастую всё это приводит к увеличению срока изготовления новой продукции. Это снижает конкурентоспособность литейного производства в современных условиях. Применение газифицируемых моделей в целом решают эту проблему. Особенно при использовании пенополистироловых моделей, получаемых без специальной оснастки путём вырезания из блоков. В этом случае значительно сокращается время от получения заказа на производство литой детали до её изготовления.

Применение пенополистироловых моделей показало, что значительное влияние на качество отливок оказывает противопопригарное покрытие на модели и такие его свойства, как газопроницаемость, прочность, стойкость к истиранию.

Прочность на истирание характеризует устойчивость покрытия к абразивному воздействию наполнителя при заполнении контейнера формовочным песком. Для её оценки принята к использованию методика, по которой стойкость покрытия оценивалась по количеству формовочного песка, необходимого для получения в испытуемом покрытии разрушенного участка диаметром 1,5 – 2 мм. Пластины с покрытием помещали под выходным отверстием вискозиметра ВЗ–4, через который подавали на стеклянную пластину с испытуемым покрытием. При испытании варьировалась толщина покрытия, состав покрытия и его вид. Эта толщина

покрытия фиксировалась микрометром с точностью до 0,01 мм в трёх точках и вычислялась средняя арифметическая.

Для контроля газопроницаемости покрытий принят метод, основанный на определении способности слоя покрытия, нанесённого на синтетическую ткань, пропускать через себя воздух. Для проведения испытаний применялись стандартные неразъёмные гильзы диаметром 50 мм и высотой 120 мм. На торцовую плоскость гильзы прикрепляли синтетическую ткань, на которую наносили необходимой толщины слой покрытия и отверждали. Затем подготовленные гильзы устанавливали на стандартный прибор и определяли газопроницаемость нормальным методом, при этом пропускался объём воздуха 2000 см³, контролировалось время прохождения этого объёма и давление перед слоем ткани с покрытием.

При эксплуатации пенополистироловых моделей установлено, что наиболее оптимальным способом нанесения покрытий является обливание поверхности модели. При нанесении покрытия окунанием модели в приготовленную суспензию из-за большой разницы плотностей модели и суспензии происходит отламывание модели от общего стояка, поэтому при нанесении покрытий и при испытании на истирание, и при испытании на газопроницаемость, покрытие наносилось путем обливания.

Как показывает производственный опыт применения моделей из пенополистирола, качество нанесения покрытия на них зависит от однородности суспензии. Однородность суспензии в свою очередь является функцией времени перемешивания и седиментационной устойчивости. При исследовании зависимости седиментационной устойчивости от времени перемешивания она оценивалась по формуле

$$C = ((V_1 - V_2) / V_1) * 100,$$

где V_1 – объём суспензии;

V_2 – объём осветленного верхнего слоя.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

С.В. Гайст – студент, А.С. Жидецкая – студент, А.А. Тищенко – аспирант

А.Т. Евтушенко к.т.н., профессор, В.Б. Бутыгин к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Исследования связаны той обстановкой, которая сложилась в последние годы. Большие и, особенно, малые предприятия испытывают трудности в приобретении сталей и сплавов из-за их высокой стоимости. В связи с этим актуально изыскание способов получения сплавов методами, не требующими больших денежных вложений.

Процессом, обладающим значительным технологическим потенциалом, является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Имея ряд общих черт с технологическими процессами традиционной металлургии, СВ – синтез характеризуется такой уникальной особенностью, как существование высокотемпературной твердо–жидкой среды в течение протекания процесса синтеза и допускающий различные типы внешних воздействий, посредством которых возможно регулирование структуры и свойств конечных продуктов. При этом не требуется ни сложного оборудования ни больших энергетических затрат. Во многих случаях продукт сгорания содержит меньше примесей, чем исходная смесь, т. к. примеси «выгорают» из-за высокой температуры (1500-4000) и большой скорости распространения фронта горения СВС – процесса.

Задача наших исследований состояла в том, чтобы показать возможность получения сплавов путем СВС процесса окисла железа (отходов кузнечного производства) с соответствующими добавками.

Проведение эксперимента в лабораторных условиях включили сушку компонентов, дозирование, смешивание, разборку форм, извлечение слитков.

В качестве реакторов применялись металлические и кварцевые трубки различных размеров по диаметру и высоте. В табл. 1 показан состав шихты в весовых процентах.

Таблица 1. Состав шихты

№ шихты	Компоненты, в % вес.					
	Fe ₂ O ₃	AC	TiC	FeSi	Mo	CrB ₂
1.	80	20	20	2	-	-
2.	80	20	15	2	-	-
3.	80	20	10	2	5	5
4.	80	20	10	2	10	-

После получения слитков был определен химический состав, приведенный в табл.2

Таблица 2. Химический состав сплавов

№ сплава	Элементы, в %						Марка сплава
	C	Si	Ti	Al	Mo	Cr	
1.	0,8	1,33	0,5	0,4	-	-	80СЮТ
2.	0,7	0,3	0,1	0,4	-	-	60СЮ
3.	1,42	1,5	1,0	0,4	1,5	-	140С2ТЮМ
4.	1,47	1,6	0,4	1,2	1,5	-	140С2ТЮ1М1

Определение механических свойств полученных сплавов показало, что все сплавы после охлаждения с температуры кристаллизации имели высокую твердость, характерную для закаленного сплава. Это закономерно, т. к. во всех сплавах присутствует алюминий, который повышает температуру мартенситного превращения. Микроанализ подтверждает наличие мартенсита в структуре. Причем, большая скорость охлаждения дает возможность формирования мелкоигольчатого мартенсита.

После получения сплавов и определения структуры был проведен отпуск от различных температур (табл. 3)

Таблица 3. Свойства сплавов после отпуска

№ сплава	Твердость после отпуска, HRC				
	После СВС	200 ⁰ С	400 ⁰ С	600 ⁰ С	750 ⁰ С
1.	61 - 63	59 - 60	57	38	20
2.	58	57 - 58	40 - 42	28 - 29	18
3.	57 - 58	57 - 58	61 - 62	57 - 58	43 - 44
4.	46 - 47	47	55,5	54	41 - 43

Анализ результатов термообработки показывает, что сплавы 1 и 2 ведут себя аналогично классической схеме для углеродистых сталей: повышение температуры отпуска приводит к снижению прочностных характеристик. Эти сплавы можно использовать в качестве инструментальных, не теплостойких, для мелкого инструмента.

Сплавы 3 и 4 ведут себя иначе. Легированность их выше сплавов 1 и 2. Микроанализ показывает наличие в микроструктуре наряду с мартенситом остаточного аустенита, причем в сплаве 4 его больше. Нагрев этих сплавов при отпуске до 200 - 600⁰С приводит к повышению твердости. Это происходит за счет превращения остаточного аустенита в мартенсит. Причем даже отпуск 600⁰С дает высокие значения твердости. Эти значения можно сравнить с инструментальными сталями, пригодными для инструмента как для холодной, так и горячей штамповки.

Интересно было, как поведут себя сплавы при закалке после их получения СВС. В таблице 4 показана твердость после закалки с различных температур.

Таблица 4. Твердость сплавов после закалки

№ сплава	Твердость после закалки, HRC	
	900 ⁰ С	950 ⁰ С
1.	61 - 62	61 - 63

2.	62 - 63	45 - 43
3.	55 - 57	56 - 57
4.	52 - 54	61 - 63

Из таблицы видно, что твердость сплавов после закалки классическим способом и твердость после СВС практически мало отличаются.

Таким образом исследования показали возможность получения сплавов с различными механическими свойствами способом СВС. Этот способ доступен, технологичен, не требует сложного оборудования. Им могут воспользоваться любые предприятия, даже небольшие мастерские малого бизнеса.

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННЫХ ПРИМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА СТАЛИ

Нестеренко Е.А. – аспирант, Назаров И.В. - студент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

К постоянным примесям сталей относят марганец, кремний, серу, фосфор и газы – кислород, азот, водород. Марганец и кремний являются полезными примесями в стали. Марганец обычно содержится в стали в количестве до 0,7%, а кремний до 0,5%. Марганец и кремний добавляют в сталь при ее выплавке для удаления окислов железа. Положительное влияние марганца заключается еще в том, что он способен удалять из стали вредные сернистые соединения. Марганец и кремний растворяются в феррите и повышают его твердость и прочность. Так как марганец и кремний оказывают положительное влияние на сталь, то эти элементы иногда вводят в сталь в повышенных количествах; в этом случае сталь уже будет называться не углеродистой, а легированной.

Сера попадает в сталь из чугуна, а в чугун из кокса и руды. Сера с железом образует сульфид железа FeS. Сульфид железа в стали находится в виде эвтектики Fe – FeS, располагающейся по границам зерен стали. Эта эвтектика хрупкая и легкоплавкая – температура ее плавления 985°C. При нагреве стали до 1000-1200°C для горячей обработки ее давлением эвтектика плавится и связь между зернами ослабляется. Это явление называется красноломкостью стали. Красноломкость стали устраняет марганец, он соединяется с серой с образованием сернистого марганца MnS – сульфида марганца. Присутствие серы в виде включений MnS нежелательно. Эти включения, не оказывая значительного влияния на статическую прочность стали, снижают динамическую усталостную прочность стали, а также износостойкость. Поэтому повышенное содержание серы в сталях, предназначенных для ответственных деталей, недопустимо. При затвердевании слитка сера склонна скапливаться в отдельных участках (ликвировать). Это неблагоприятно сказывается на свойствах стали. Поэтому содержание серы в стали строго ограничивают – в зависимости от качества стали не более 0,02 – 0,06%. Сера оказывает благоприятное влияние только в том случае, когда требуется хорошая обрабатываемость стали режущими инструментами.

Фосфор, как и сера, попадает в сталь из руд. Фосфор растворяется в феррите, повышает его твердость и прочность, но в сильной степени снижает пластичность, поэтому сталь становится хрупкой. Фосфор, как и сера, ликвирует, т.е. образуются участки, сильно обогащенные фосфором. Фосфор также улучшает обрабатываемость стали резанием.

Газы (кислород, азот, водород) частично растворены в стали, присутствуют в виде неметаллических включений или расположены в свободном виде в раковинах, трещинах и других несплошностях. Кислород в стали находится главным образом в виде оксидов Al_2O_3 , SiO_2 и др. Оксиды в отличие от сульфидов хрупки, при горячей обработке не деформируются, а крошатся. В присутствии большого количества водорода в стали возникает очень опасный дефект – внутренние надрывы в металле, так называемые флокены.

СТРУЙНО-ВИХРЕВАЯ ЗАКАЛКА МАТРИЦ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

А.Е. Сизова - студентка, Г.А. Околович - д.т.н., профессор

Алтайский государственный университет имени И.И. Ползунова, (г. Барнаул)

Стойкость матриц для высадки зависит не только от твердости и толщины пригравюрного слоя, но и характера распределения твердости по поверхности гравюры и сечению матрицы. При увеличении толщины закаленного слоя, равномерном распределении твердости по гравюре и повышении общей твердости матрицы ее стойкость повышается. При этом наблюдается высокая прочность и жесткость матрицы при достаточной пластичности.

Повышения указанных свойств можно достигнуть интенсификацией охлаждения [1,2].

Интенсификацию и равномерность охлаждения пригравюрных объемов можно увеличить за счет вращения потока охлаждающей жидкости. При этом скорость вращения этой жидкости относительно охлаждаемой поверхности будет складываться из скорости поступательного $\vec{V}_П$ и вращательного $\vec{V}_В$ движений:

$$\vec{V}_Ж = \vec{V}_П + \vec{V}_В$$

В результате трения вращающегося потока жидкости об охлаждаемую поверхность у охлаждаемой поверхности возникают дополнительные вихревые потоки, вращающиеся вокруг своих осей и вокруг центральной [3].

Кроме того, в результате вращения на охлаждаемую поверхность будет действовать центробежная сила

$$F = \frac{m \cdot V^2}{R} = mW^2 \cdot R$$

(где m — масса жидкости, V — скорость вращения, W — угловая скорость, R — радиус вращения), которая создает разность давлений у охлаждаемых стенок матрицы и в центре потока.

Совместное действие вихревых потоков и разности давлений по сечению потока охлаждающей жидкости способствует интенсификации и равномерности охлаждения, что обеспечивает стабильность толщины закаленного слоя и более высокую прочность, и жесткость матрицы.

На основании результатов исследований была создана новая схема охлаждения матрицы, удовлетворяющая указанным выше требованиям (рис. 1).

Для этого введено изменение конструкции трех деталей, содержащихся в закалочном устройстве потоком охлажденной жидкости: 1-брандспойт; 2-верхняя чаша; 3-матрица; 4-нижняя чаша

В старом устройстве охлаждение внутренней полости матрицы осуществлялось сужающимся транзитным потоком охлаждающей жидкости, протекающей через брандспойт, чашку, гнездо матрицы, экстракторное отверстие и в атмосферу. При этом для закалки применялись брандспойты с диаметром отверстия больше диаметра экстракторного отверстия, т. е. имеем схему сужающегося трубопровода с местным двухступенчатым расширением. При сужающейся конструкции трубопровода турбулизация потока жидкости затруднена, главным образом, в гнезде матрицы.

Движение потока охлаждающей жидкости из наиболее широкой верхней чашки в гнездо матрицы у верхней кромки гнезда и, особенно в области перехода от боковой стенки к доньшку формирует водоворотные зоны. Эпюры осредненных скоростей потока в водоворотных зонах дают нулевые значения. Обмен жидкости между водоворотной областью и транзитной струей затруднен [4], что снижает скорость охлаждения гнезда и, соответственно, уменьшает толщину закаленного слоя.

Повышения турбулизации в зонах охлаждения можно добиться, заменив применявшуюся схему сужающегося трубопровода на схему расширяющегося трубопровода. При этом площадь поперечного сечения брандспойта должна быть меньше

площадипоперечного сечения экстракторного отверстия. Это, в зонах за брандспойтом, приведет к уменьшению количества движения охлаждающей жидкости, которая на участке расширения будет расходоваться преимущественно на турбулизацию потока.

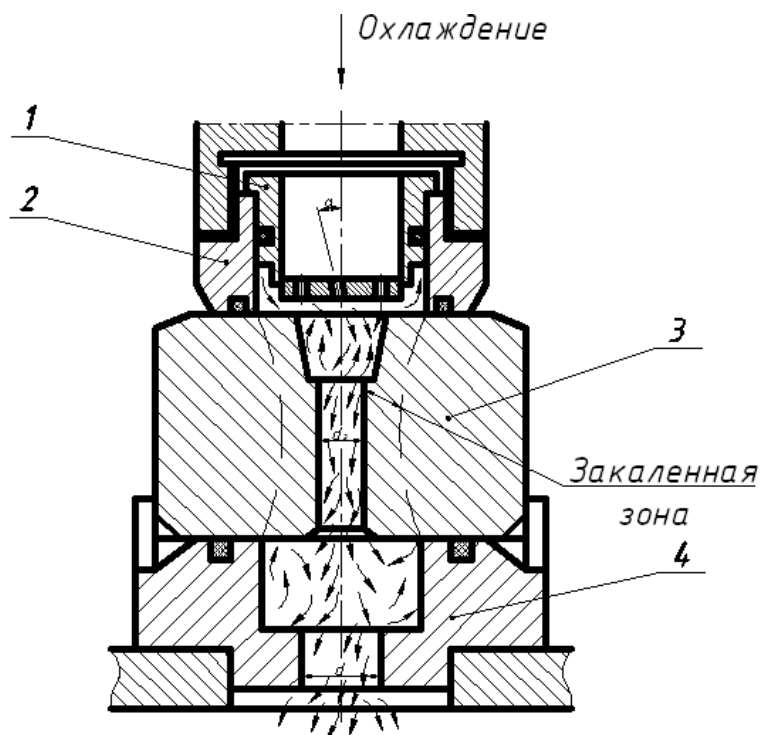


Рисунок 1-Установка струйно-вихревой закалки матриц
1-брандспойт; 2-верхняя чаша; 3-матрица; 4-нижняя чаша

В новой конструкции с целью придания потоку вращательного движения брандспойт выполнен в виде полого стакана с наколенными отверстиями в донной части, площадь поперечного сечения которых меньше площади поперечного сечения экстракторного отверстия матрицы, а нижняя чашка является частью трубопровода. Она организует магистральный поток для охлаждения нижнего торца матрицы.

Закрученный поток охлаждающей жидкости, выходя из экстракторного отверстия матрицы, силами инерции разбрасывается в стороны, интенсивно турбулизуется с образованием мощной водопроводной области, ограниченной торцом матрицы и поверхностью нижней чашки.

Последовательное ступенчатое понижение давления охлаждающей жидкости также ступенчато уменьшает ее энергию, которая расходуется на ее турбулизацию в полости отверстия матрицы и в полости нижней чашки, вследствие чего повышается твердость и прочность матрицы.

При закалке матриц без закручивания потока охлаждающей жидкости минимальная толщина закаленного слоя наблюдалась в переходной зоне от торца к боковой поверхности гнезда матрицы и составляла 2,5— 3,5 мм. Матрицы выходили из строя по причине просадки переходной зоны.

При закалке матриц по схеме с закручиванием потока охлаждающей жидкости толщина закаленного слоя переходной зоны увеличилась в 1,5 раза, а стойкость матриц — в 1,4—2 раза.

Выводы:

1) Нами спроектирована и изготовлена установка струйно-вихревой закалки, которая осваивается в инструментальном производстве ОАО «Алтайвагон» и ОАО «Барнаульский станкостроительный завод».

2) Испытания показали, что при закалке матриц по схеме с закручиванием потока охлаждающей жидкости толщина закаленного слоя переходной зоны увеличилась в 1,5 раза, а стойкость матриц — в 1,4—2 раза.

Список литературы

1. Зимин Н. В., Акимов И. К., Геденидзе Е. Н. Новые охлаждающие системы для термической обработки деталей и полуфабрикатов // МиТОМ. 1983. № 11. С. 2—6.

2. Кобаско Н. И. Закалка стали в жидких средах под давлением. Киев: Наукова думка, 1980. 280 с.

3. Меркулов В. Загадки смерча // Техника молодежи. 1990 № 7. С. 20-22.

4. Чугаев Р. Н. Гидравлика. Л.: Энергия, 1970. 552 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО НАСЫЩЕНИЯ СТАЛЕЙ БОРОМ И ХРОМОМ – БОРОХРОМИРОВАНИЯ

Кошелева Е.А. – аспирант, Нестеренко Е.А. – аспирант, Иванов С.Г. – к.т.н., старший преподаватель

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Основным материалом для изготовления деталей машин и инструмента является сталь, в силу наилучшего сочетания прочности, надежности и долговечности. Но различные нагрузки, высокая температура, агрессивные среды вызывают необратимые изменения в структуре стали. Вопросы создания функционально-градиентных поверхностных слоев, обладающих уникальными механическими, технологическими и специальными свойствами, привлекают особое внимание, что делает актуальными исследования, направленные на получение таких поверхностей методами химико-термического воздействия.

Химико-термическая обработка (ХТО) существенно изменяет физико-химические свойства поверхностных слоев, что приводит к увеличению срока службы изделий.

Проводимые исследования воздействия насыщающих сред в виде обмазок при ХТО показали, что соединения бора с различными металлами достаточно эффективны и как поставщики бора, так и как поставщики второго компонента. Использование соединений бора с хромом, в качестве добавки к карбиду бора, дает большой эффект: на малоуглеродистой стали образуются покрытия с большим количеством хрома или смешанные борохромистые слои (в зависимости от количества добавляемого соединения), а на высокоуглеродистой стали – карбидов, карбоборидов и боридов.

Установлено, что диффузия по границам зерен является главным механизмом борирования, карбоборирования и борохромирования, за исключением наружного слоя, где решающим фактором является реакционная диффузия. Формирующиеся в ходе борохромирования новые границы зерен и субзерен выполняют тройную роль. Во-первых, они служат основным каналом насыщения атомами бора и углерода основных глубинных слоев. Во-вторых, на них локализована большая часть карбидов, боридов и карбоборидов. В-третьих, на них расположена значительная часть атомов бора и углерода, еще не образовавшихся боридов и карбоборидов.

Соединения бора с хромом - перспективный компонент для создания обмазок при комплексном одновременном насыщении бором и хромом. Добавка хрома к борлирующей обмазке позволяет на 7–10% ускорить процесс насыщения и на 10–15% увеличить толщину диффузионного слоя.

Исследования насыщающей способности новых активных сред для ХТО показали, что насыщение из обмазок более экономично по отношению к другим способам ХТО при получении покрытий с заданными свойствами; и борид хрома – эффективная насыщающая среда, обеспечивающая одновременное насыщение бором и хромом.

Из-за недостаточной изученности механизма процесса ХТО, строения и свойств получаемых диффузионных слоев ещё не отработана оптимальная технология диффузионного насыщения. Все это, естественно, не позволяет полностью использовать все возможности, заложенные в химико-термическом воздействии. В настоящее время продолжаются работы по корректировке технологии процессов химико-термической обработки.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА ХОЛОДНЫМ ВЫДАВЛИВАНИЕМ

А.Е. Сизова - студентка, Г.А. Околович - д.т.н., профессор
Алтайский государственный университет имени И.И. Ползунова, г. Барнаул

Одним из основных направлений в развитии технологии металлообработки в машиностроении, приборостроении и металлообрабатывающей промышленности в целом можно считать теперь интенсивное развитие операций и процессов холодной обработки металлов давлением. Это объясняется тем, что такая обработка по сравнению с сопоставимыми операциями и процессами резанием, горячей штамповки и литья отличается высокой производительностью, малой трудоемкостью, позволяет существенно сократить расход металла на единицу выпуска, дает возможность просто и дешево изготавливать точные, хорошо взаимозаменяемые детали с высокой частотой отделки поверхностей и с улучшенными эксплуатационными качествами.

К числу наиболее прогрессивных способов производства деталей, основанных на холодной пластической деформации, относятся холодное выдавливание.

При штамповке выдавливанием коэффициент использования металла по сравнению с литьем, горячей или листовой штамповкой повышается на 15-30%, а по сравнению с обработкой резанием в 2-3 раза.

С этой точки зрения предлагаемая замена способа получения давилника (рис.1) обработкой резанием на метод холодного выдавливания из прутка вполне обоснована и экономически целесообразна.

По традиционной технологии давилники получали таким способом обработки, как резание.

Эффективность способов холодной пластической деформации повышается при производстве осесимметричных деталей с большими перепадами сечений, сложной внешней конфигурации и наличием полостей.

С этой точки зрения предлагаемая замена способа получения давилника обработкой резанием на метод холодного выдавливания из прутка вполне обоснована и экономически целесообразна.

Значительные осложнения в производстве инструмента (пуансонов, штампов, сверл и др.), сложной формы и при большом соотношении длины к диаметру, вызывают деформации при термической обработке. На практике применяют ряд мер для ее снижения. Это ступенчатая и изотермическая закалка, охлаждение в штампах. Выполняют преимущественно правку длинномерного инструмента до, и после термообработки. Правка до термообработки не целесообразна, т.к. исправление идет в локализованном очаге деформации.

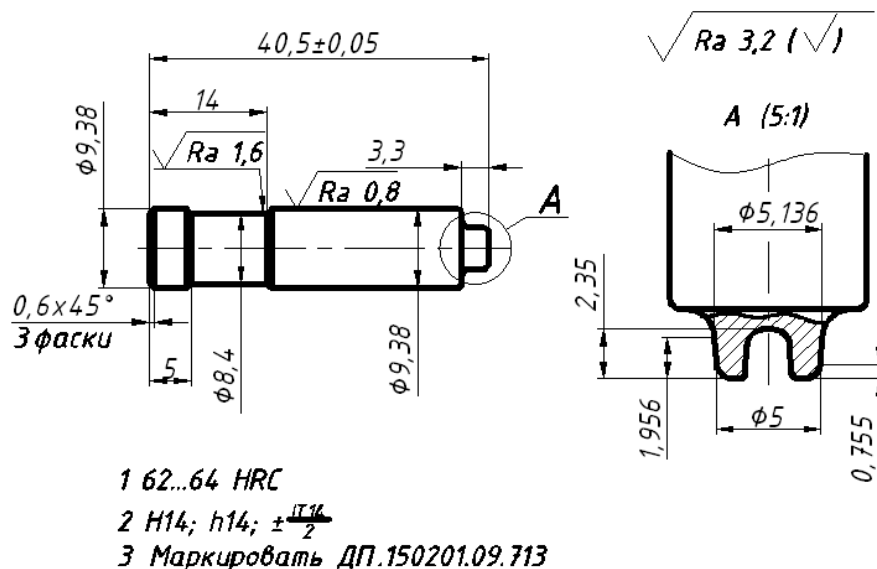


Рисунок 1-Чертеж давитьника

Опыт работы показывает, что после термообработки инструмент принимает исходную форму (до правки), т.е. металл сохраняет "память" формы. Для устранения этого явления необходимо применять калибровку или обкатку в штампе для выравнивания напряжений очага деформации по всему объему металла.

Правка инструмента после термообработки образует напряжение и микротрещины в зоне деформации, которые являются причиной разрушений, поломок, т.е. значительно снижает стойкость инструмента.

Известна предварительная термическая обработки инструмента, которая не только уменьшает деформацию, но и несколько повышает прочность и вязкость стали после окончательной термообработки. Сущность ее состоит из закалки от температуры $A_{c1} + 15 - 20^{\circ}C$ и последующего отпуска $500 - 600^{\circ}C$ (закалка из "межкритической" области), что уменьшает деформацию изделий после окончательной термической обработки, обычно принятой в промышленности [1]. Эффект сопровождается увеличением плотности стали за счет закрытия части микропор и дефектов. Проведенные исследования показали, что выполнение предварительной термической обработки уменьшает чувствительность к образованию трещин при окончательной закалке сталей У8 и ХВГ в 3-4 раза. Этим объясняется создание сжимающих напряжений при закалке от температуры вблизи A_1 под действием магнитострикционных процессов и уменьшения коэффициента теплового расширения.

Закалка из "межкритической" области повышает прочность углеродистой стали У8 и легированной ХВГ в закаленном состоянии на 40%, после низкого отпуска на 18-20%, а ударную вязкость на 25% в закаленном и на 20% в отпущенном состоянии. Различие в прочности и вязкости сохраняется одинаковым при отпуске до $600^{\circ}C$.

Повышение производительности холодновысадочных автоматов потребовало увеличение стойкости инструмента из сталей У10 и ХВГ. Освоение процесса получения внутренней конфигурации пуансонов и штампов методом холодного выдавливания лишило, стали У10 и ХВГ их основного преимущества - хорошей обрабатываемости резанием. Новый способ изготовления инструмента потребовал решения задач по замене сталей с целью повышения стойкости инструмента: уменьшения сопротивления деформации при выдавливании и сохранении размеров фигуры после окончательной термической обработки.

Для внедрения были выбраны, стали 6Х4М2ФС (ДИ-55) и 8Х4В2С2МФ (ЭП-761), обладающие высоким комплексом механических свойств.

Холодным выдавливанием было изготовлено по 100 шт. пуансонов из стали ЭП-761 и штампов из стали ДИ-55 в состоянии поставки, среди которых 40% пуансонов и 10%

штампов имели отклонения по размерам. После окончательной термической обработки принято к эксплуатации 20% пуансонов и 80% штампов.

Низкий процент отклонений размеров штампов из стали ДИ-55 закономерен [2]. Сталь эвтектоидного состава, без избыточных карбидов. Исправить размеры фигуры закаленных пуансонов и штампов затруднительно, т.к. окончательная обработка внутренних полостей - только зачистка по шаблону. Нельзя скорректировать величину мастер-пуансона по причине отсутствия закономерности в отклонении размеров фигуры.

Исследование серии режимов предварительной термической обработки позволило сохранить точность размеров выдавленной фигуры после окончательной термической обработки [3].

Выводы: применение разработанного режима предварительной термической обработки позволило обеспечить получение размеров фигуры при холодном выдавливании и их сохранение после окончательной термической обработки, повысить эксплуатационную стойкость инструмента в 1,5-2,0 и 3-4 раза по сравнению со сталями ХВГ И У10 соответственно.

Список литературы:

- 1) Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М. «Металлургия», 1983, 525 с.
- 2) Околович Г.А., Евтушенко А.Т. Способ предварительной термической обработки дисперсионно-твердеющих штамповых сталей. А.с. №1338404, 1987.
- 3) Околович Г.А., Околович И.В., Шарикова Т.Г., Аксенова Л.Т. Способы упрочнения поверхностей стальных деталей. Патент N2109075, 1998 г.

РАСЧЕТЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БИНАРНЫХ И ТРОЙНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

Сартакова Е.А. – инженер-программист,

Скаков Д.М. – аспирант, Семенчина А.С. – к.т.н., старший преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На всём протяжении развития материаловедения существовала проблема создания материалов с расширенным диапазоном рабочих температур, лучшими механическими характеристиками, устойчивостью к агрессивным средам и другими полезными характеристиками. Используемые сплавы исчерпали свои возможности, но наиболее приемлемой альтернативой им стали композиционные материалы, которые получают прогрессивным методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС)[1]. Среди них сплавы карбида вольфрама WC и карбида титана TiC с никелем и хромом, отличающиеся термической стабильностью механических свойств и другими ценными технологическими и эксплуатационными качествами. Как известно, сведения по фазовым диаграммам систем W – C, Ti – C, где образуется карбиды WC и TiC, неполны и неоднозначны, поэтому уточнение фазовых равновесий в этих системах имеет самостоятельную научную ценность.

В настоящем исследовании были проведены оценочные расчеты термодинамических параметров для смесей порошков Ti+C+Ni, W+C+Ni Ti+C+NiCr, W+C+NiCr и WC+TiC+Ni, WC+TiC+NiCr (80%Ni и 20% Cr). Массовая доля добавки Ni и NiCr составляла 30%, 40%, 50% и 60%. Дополнительно были исследованы параметры для смесей WC+TiC+Ni, WC+TiC+NiCr (30% TiC и 70% WC, 70% TiC и 30% WC) при содержании Ni и NiCr 20%, 70%, 80%. Технологические параметры процесса варьировались - температура изменялась в диапазоне от 1000 °К до 3000 °К, при давлении равном 0.1, 5.0, 10.0 МПа.

Используемый в исследовании термодинамический метод определения характеристик равновесия произвольных гетерогенных систем предоставляет уникальную возможность

обобщенного описания любого высокотемпературного состояния с помощью одних только фундаментальных законов термодинамики, независимо от условий и способов достижения равновесия. Этот метод заложен в основу алгоритма многоцелевого программного комплекса АСТРА.4, который был использован для моделирования процесса синтеза исследуемых материалов.

Для расчета состава и параметров равновесного состояния задавались элементный состав рассматриваемой термодинамической системы и параметры, определяющие условия ее равновесия: P – давление, T – температура, V – удельный объем, S – энтропия, I – энтальпия, U – внутренняя энергия. В результате расчета были получены значения температур протекания синтеза для следующих материалов:

карбид титана (TiC) – $T=1982,6$ К;

карбид вольфрама (WC) – $T=1171,1$ К;

смесь карбида титана и карбида вольфрама (TiC+WC) – $T=1843,9$ К;

По полученным температурам протекания синтеза определялась энтальпия образования данных материалов [2, 3]. При пересчете в единицы соответствующие размерностям используемых в программном комплексе АСТРА $I=-1445$ кДж/кг для TiC; $I=-215$ кДж/кг для WC; $I=-1254$ кДж/кг и $I=-379$ кДж/кг соответственно для TiC и WC в смеси.

По результатам расчетов для исследуемых смесей материалов были построены графические зависимости энтальпии образования от температуры при различных давлениях.

В результате сравнительного анализа полученных графиков были сформулированы следующие выводы:

1. Давление в исследуемом диапазоне значений не влияет на ход реакции.
2. Во всех случаях увеличение температуры приводит к увеличению энтальпии.
3. При изменении температуры от 1000°K до 2000°K увеличение количества WC дает более высокую энтальпию, чем увеличение количества TiC. При более высоких температурах от 2000K до 3000K энтальпия смеси с большим количеством TiC возрастает быстрее и превышает энтальпию для смеси с преобладанием WC.
4. Увеличение содержания Ni, и особенно NiCr, резко увеличивает энтальпию образования при больших температурах (2000°K - 3000°K). При этом, добавление NiCr вместо Ni ведет к нарушению линейной зависимости в указанном температурном интервале.

Литература

1. Мержанов А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Физическая химия./ под ред. акад. Я. М. Колотыркина. М.: Химия, 1983. 224 с.
2. Виницкий И.М., Самсонов Г.В. Тугоплавкие соединения (справочник). 2-е изд. М.: Металлургия, 1976. 560 с.
3. Алексеев А.Г., Бовкун Г.А., Болгар А.С. Свойства, получение и применение тугоплавких соединений: справ. изд. М.: Металлургия, 1986. 928 с.

СВОЙСТВА ПРУЖИННЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ЗАКАЛКИ, ОТПУСКА И ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ

Околович А.Г.-аспирант,

Околович Г.А.-д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Упругие элементы изготавливают из углеродистых и легированных пружинных сталей 55С2, 65Г, 50ХФА и др. после термической обработки для повышение предела упругости с разной природой упрочнения:

- 1) закалка на мартенсит и отпуск 350-450 °С;
- 2) изотермическая закалка;
- 3) деформационный наклеп.

После закалки сталь характеризуется высокой плотностью дислокаций и мелкозернистой структурой. Чем меньше зерно, тем выше сопротивлением малым пластическим деформациям.

Окончательные свойства пружин определяются условиями отпуска, в процессе которого реализуются возможности для повышения сопротивления малым пластическим деформациям и всего комплекса прочностных свойств [1].

Имеется несомненная общность между процессами изменения субструктуры, происходящими при отпуске стали, закаленной на мартенсит, и в стали, подвергнутой пластической деформации. Чтобы в результате был достигнут высокий предел упругости, сталь после мартенситного превращения или деформационного упрочнения должна иметь измельченную субструктуру. Именно поэтому предел упругости деформированной или закаленной стали после отпуска тем выше, чем выше степень пластической деформации или соответственно чем больше объемный эффект и ниже температура превращения при закалке для получения минимального количества остаточного аустенита. Во время отпуска и в закаленной, и в деформированной стали происходят, имеющие между собой много общего, процессы изменения исходной субструктуры. Режим отпуска закаленной стали должен обеспечивать не только достижение определенной структуры продуктов превращения мартенсита, но и достаточно полное **превращение остаточного аустенита, отрицательно влияющего на свойства пружинной стали** [1].

Исходя из этого, деформационное упрочнение предпочтительнее закалки с неизбежным появлением остаточного аустенита, т.к. в исходном состоянии в стали отсутствует остаточный аустенит.

Качественная работа двигателей во многом определяется эффективной работой поршневых колец. Одно из направлений – поршневые кольца из легированных пружинных сталей вместо традиционных из чугуна. Для выполнения своих функций кольца должны обладать определенными свойствами:

- сохранять свою форму в пределах всего срока эксплуатации;
- стабильную структуру материала кольца;
- иметь высокую степень релаксации и коррозионную защиту;
- износостойкие рабочие поверхности.

Постоянно возрастающие требования к качеству двигателей внутреннего сгорания, их мощности, экономичности, моторесурсу предполагает не только совершенствование конструкции двигателей и их элементов, но создание новых технологий.

Поэтому технология должна быть достаточно гибкой в части формообразования по сечению кольца, а также создание различных конфигураций по эпюрам радиальных давлений.

Для получения сложного профиля компрессионных колец нами разработана технология волочения проволоки Ø 5...6 мм из рессорно-пружинной стали 65 Г (ГОСТ 14959-79) после патентирования или нормализации.

Предварительное патентирование применяют для получения исходной однородной сорбитной структуры.

Процесс патентирования заключается в нагреве стали до аустенитного состояния и охлаждения в расплавленном свинце или соли до температур, отвечающих превращению переохлаждению аустенита в структуру тонкопластинчатого перлита (сорбита). Такая структура обеспечивает возможность достижения высоких степеней обжатия при последующей холодной пластической деформации, т. к. свойства поршневых колец, полученного холодной прокаткой или волочением, зависят от количества цементита, его формы и распределения. Патентирование способствует возникновению очень тонких цементитных пластинок, которые раздробляются, не образуя микротрещин [].

Деформационное упрочнение пружинной стали обеспечивает высокий комплекс механических свойств не только после предварительного патентирования, но и после нормализации. Это объясняется тем, что и при охлаждении на воздухе в процессе нормализации полуфабрикатов сравнительно **небольшого сечения** из стали с повышенным содержанием углерода и, особенно из низко и среднелегированной, образуется структура тонкопластинчатого сорбита, мало отличающаяся от получаемого при патентировании. Кроме того, применение нормализации вместо патентирования экономически эффективнее. Последующий отпуск вызывает те же субструктурные изменения стали, что и после предварительного патентирования.

Важно, что пружины из нормализованной стали 65 Г после деформации и отпуска имеют существенно большую усталостную прочность, чем после обычной термической обработки.

Стальные уплотнительные (компрессионные) кольца изготавливают из нормализованной пружинной проволоки 65 Г после холодной пластической деформации ($\mathcal{E} = 50-70\%$) при протягивании проволоки через профильные волочильные ролики. После чего выполняют отпуск при температуре 500°C в течение часа для залечивания деформационных дефектов и повышения пластичности стали. Затем производят навивку профиля на оправку **с натяжением** и последующий термостабилизационный отпуск при температуре 550°C , 1 час для **динамического старения под нагрузкой**, протекания полигонизации и повышения механических свойств деформационной структуры [2].

Главным достоинством динамического старения (или отпуска под нагрузкой) является то, что структурное и напряженное состояние оказывается таким, каким оно будет в условиях эксплуатации [1].

Упрочнение при пластической деформации является результатом роста плотности дислокаций, генерируемых от межфазных поверхностей феррит-цементит и образующих ячеистую субструктуру феррита, стабилизируемого пластинками цементита.

Помимо этих изменений структуры, под действием пластической деформации происходит частичный распад цементита, поскольку энергия связи атомов углерода с дислокациями больше, чем их связи с атомами железа в решетке цементита. Этот эффект сказывается на росте упрочнения и в то же время улучшает пластичность. Упрочнение происходит в результате закрепления подвижных дислокаций атомами примесей в дислокационных стенках, возникающих при полигонизации деформируемого металла [3]. Так как для надежной работы упругих элементов в условиях длительного статистического и динамического нагружения режим отпуска, помимо высокого предела упругости, должен обеспечивать определенный уровень пластичности и вязкости при повышенном сопротивлении хрупкому разрушению.

Таким образом, во время нагрева до 550°C и выдержки, развиваются **процессы полигонизации – упорядочение субструктуры, определяющей структурную стабильность и долговечность в эксплуатации. Кроме того, достигается повышение предела текучести, упругости и выносливости, а также пластичности.**

В то же время, **сохранение упругости колец, определяющее эксплуатационную надежность двигателя, имеет гораздо большее значение, чем их поведение при износе. Исключение представляют только стальные кольца, которым упругость была придана в результате холодной пластической деформации.**

Проведены сравнительные исследования структуры поршневых колец из стали 65 Г полученного профиля после изотермической закалки и деформационного упрочнения при волочении.

Выводы

1. После волочения выполнена изотермическая закалка – от 830°C с изотермической выдержкой при 550°C, 30 мин. Структура соответствует сорбито-трооститной. Твёрдость составила 256HV=20-26HRC.

2. После волочения и термофиксации при 550°C, 1 ч. Структура соответствует троостито – сорбитной с твёрдостью 289HV=24÷30HRC.

3. Деформационное упрочнение пружинной стали обеспечивает высокий комплекс механических свойств не только после предварительного патентирования, но и после нормализации. Это объясняется тем, что и при охлаждении на воздухе в процессе нормализации деталей сравнительно небольшого сечения образуется структура тонкопластинчатого сорбита, мало отличающаяся от структуры стали после патентирования.

4. Разработанная технология позволяет выпускать поршневые кольца для дизелей, бензиновых ДВС, компрессоров и др. установок в диапазоне Ø60-180мм. При этом достигается повышение работоспособности цилиндропоршневой группы в 1,5-2 раза по сравнению с чугунными кольцами [4].

Литература

1.Рахштадт А. Г. Пружинные стали и сплавы / А. Г. Рахштадт. – М.: Металлургия, 1971, 495 с.

2.Пат. 2341362 Российская Федерация, МПК⁷ С1 В23Р 15/06 В21F37/02 С21В8/06. Способ изготовления стальных компрессионных поршневых колец/ Околович Г. А., Карпов А. П., Околович А. Г., Карпов С. В.; заявл. 15. 03.07; опубл. 20.12.08 Бюл. № 35.

3.Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1978, с. 390.

4.Пат. 2318645 МПК⁷ С2 В23Р15/06. Способ изготовления стальных маслосъемных поршневых колец/ Околович Г. А., Карпов А. П., Околович А. Г.; заявл.07.11.05 опубл. 10.03.08, Бюл.№7.