

УДК 53.084.823

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО МАГНИЕВЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ ОТЛИВОК

Татьяна Игоревна Сивурова

Студент 6 курса

кафедра «Литейные технологии»

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: А.А. Мандрик,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Литейные технологии»

Рассмотрим случай, возникший на одном из подмосковных предприятий. Там была приобретена машина ЛНД с установкой песчаного прототипирования. Завод выпускает продукцию авиапрома с очень высокими требованиями по герметичности, следовательно, к отливкам предъявляются высокие требования по пористости и прочности. Маленькая серийность и большая номенклатура изделий привела к приобретению именно песчаного 3D принтера. Но на деле оказалось, что качество отливок не достигает требуемого уровня, при этом затраты абсолютно не адекватны реальной цене изделия.

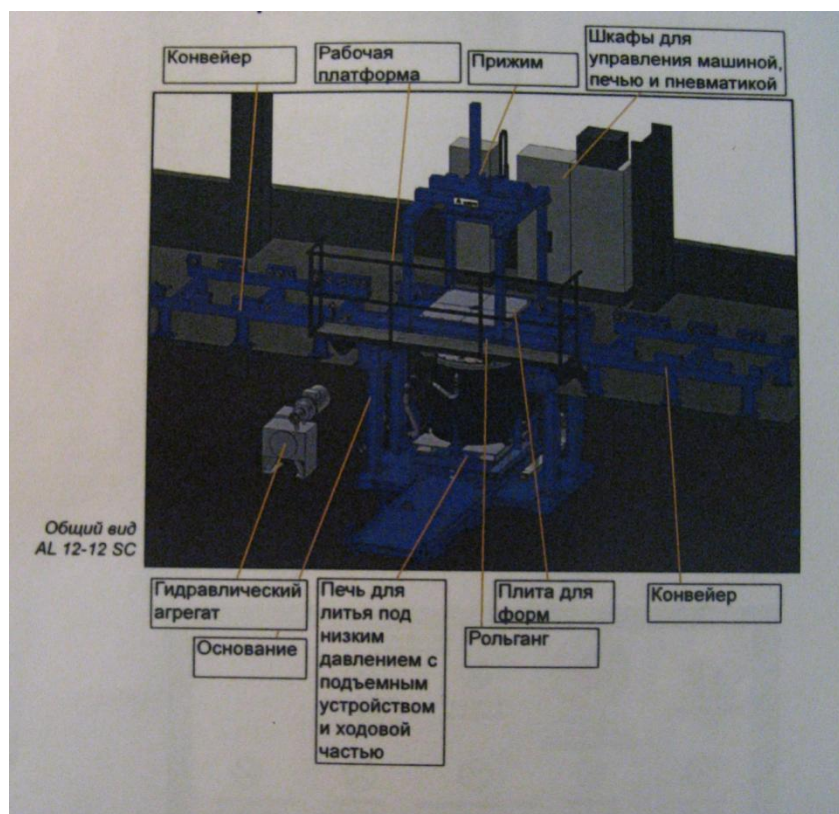


Рис.1. Установка ЛНД KURTZ

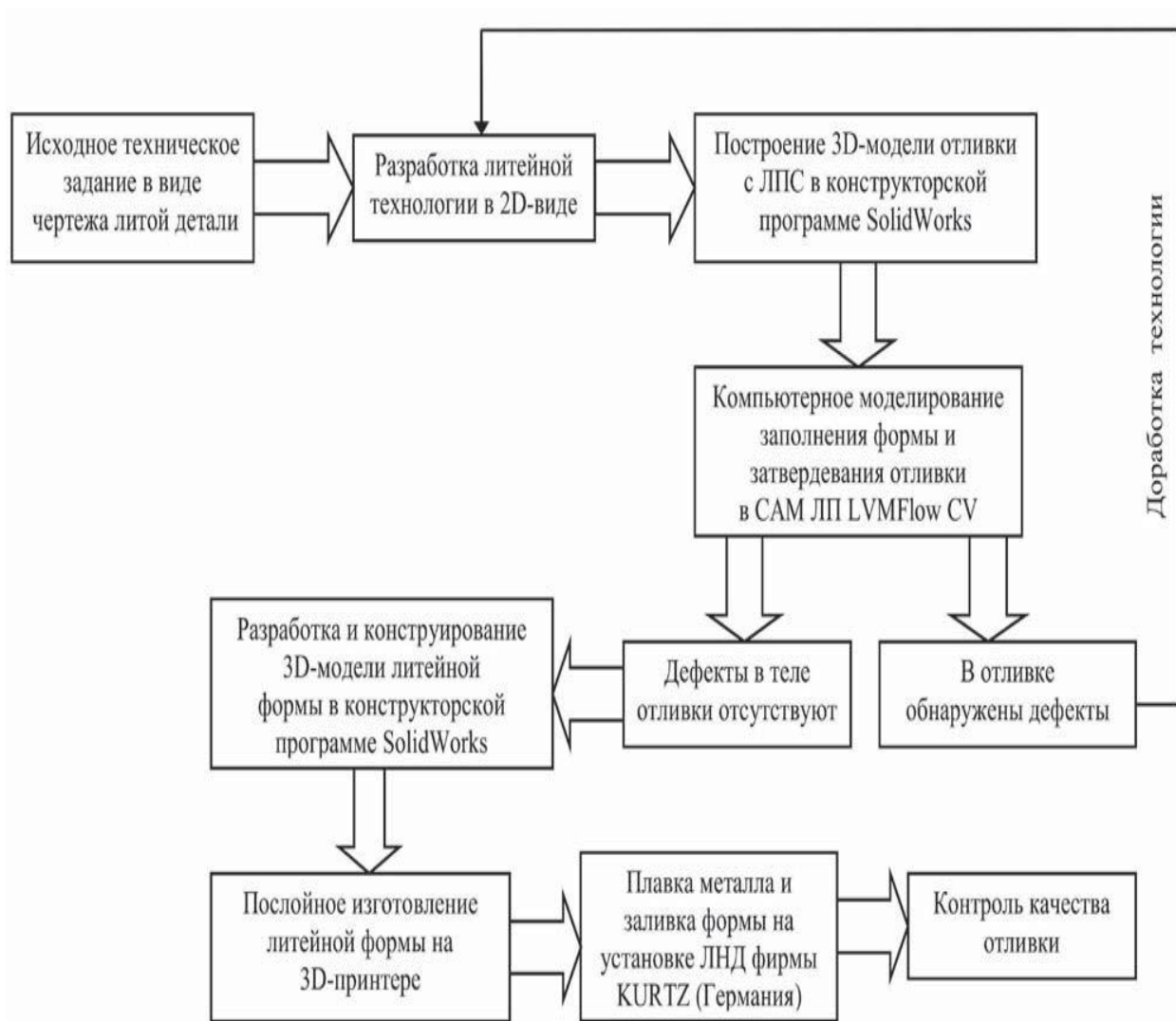


Рис. 2. Существующий технологический процесс.

Исследуемые смеси.

В данной ситуации было решено исследовать 3 стержневых смеси на вопрос взаимозаменяемости: смесь для установки песчаного прототипирования, ХТС и ЖСС.

Все смеси применимы для литья, как магния, так и алюминия.

Исследования проходят по двум направлениям: газопроницаемость и прочность на разрыв.

Смесь для установки песчаного прототипирования С15.

Уточним технологию изготовления .

Машина песчаного прототипирования работает с компьютерной 3D моделью по принципу струйного принтера: поочередно нанося тончайшие слои песка($\varnothing 0,125\text{мм}$), перемешанного со смолой. Головка машины прокапывает по контуру будущей формы катализатор, смола с песком мгновенно схватываются. И так слой за слоем «выращивается» форма, которую после просушивают при 120°C в течении часа и наносят кокильную краску для упрочнения поверхностного слоя. В зависимости от конфигурации и габаритов формы машина может изготавливать несколько штук в один

сеанс. При небольшой серийности данный способ хорош для экспериментального производства.

Также следует упомянуть, что состав смолы и катализатора являются технологической тайной и при замене песка на его аналоги гарантия на технику ликвидируется, тем самым обязывая обладателя оборудования к постоянной закупки сырья из Германии. И так образцы для исследований были заказаны на предприятии и выполнены по выше изложенной схеме.

ХТС.

Прежде дадим общую характеристику смеси.

Содержание связующего в ХТС – основной показатель состава, определяющий уровень прочностных характеристик стержней и форм, качество отливок, санитарно-гигиенические характеристики процесса и его технико-экономическую эффективность.

Следует стремиться к минимальному расходу смолы с учетом достижения достаточной общей и поверхностной прочности. Минимально возможный расход связующего определяется в первую очередь качеством применяемого песка. Желательно применение обогащенных (мытых и классифицированных) песков с содержанием глинистой составляющей не более 0,5% и с зернистостью не менее зернистости песка марки 1К02А. это требование особенно актуально для высококачественных силанизированных фурановых смол.

Применение необогащенных песков с глиносодержанием более 0,7-0,8% особенно мелкозернистых, приводит к существенному падению прочности на всех этапах твердения, в первую очередь – на начальном этапе. Для компенсации потерь прочности расход смолы вынужденно повышается в 1,2...1,5 раза, одновременно возрастают затраты на дорогостоящее связующее и ухудшаются санитарно-гигиенические показатели процесса.

ХТС на смолах обладают высокой сыпучестью и соответственно малой прочностью в сыром состоянии и легко уплотняются вибрацией.

Живучесть ХТС изменяется в интервале 1..2 мин (для смесей ускоренного отверждения) до 5..10 мин и зависит от расхода и концентрации кислоты и температуры внешней среды.

Скорость отверждения зависит от живучести, температуры среды и компонентов, а так же заданного уровня манипуляторной прочности.

При отверждении прочность формируется в первую очередь во внешних слоях стержней и форм, контактирующих с воздухом. «отставание» в формировании прочности внутренних слоев стержня или формы является временным и нивелируется в течение 1,5...2 ч.

Газопроницаемость ХТС определяется содержанием связующей композиции и гранулометрией наполнителя: как правило, она бывает не ниже 200 ед.

Образцы из данной смеси были выполнены на том же заводе в лабораторной оснастке на вибростоле. Уже готовая смесь засыпается в бункер, расположенный над вибростолом, оснастка устанавливается на вибростол и при помощи ножного привода рабочий подает необходимую порцию смеси в оснастку, производится уплотнение вибрацией и руками, после раскрытия формы, образец вынимается и сохнет на воздухе.

ЖСС.

Жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС).

Принципиальным отличием жидких и жидкоподвижных самотвердеющих смесей от обычных смесей является их способность при низкой влажности (не более 5,0..5,5%) в процессе перемешивания переходить в жидкоподвижное состояние, что позволяет изготавливать стержни и формы машинным способом заливки смеси без применения трудоемкого ручного или машинного их уплотнения. Жидкие самотвердеющие смеси называют также наливными.

Перевод смеси в жидкоподвижную консистенцию достигается с помощью небольших количеств поверхностно-активных пенообразующих веществ, которые при перемешивании смеси образуют мельчайшие пузырьки пены, разобщающие зерна песка и облегчающие их скольжение относительно друг друга введение в смесь отверждающих реагентов обеспечивает ее самозатвердевание на воздухе при комнатной температуре.

Основные преимущества ЖСС:

1. Трудоемкость изготовления стержней снижается в 3..5 раз благодаря устранению операции уплотнения.
2. Производительность стержневых и формовочных работ повышается в 2..3 раза.
3. Увеличивается выпуск литья на существующих площадях на 20..30%.
4. Создаются возможности комплексной механизации стержневых и формовочных работ в мелкосерийном производстве.

Основным связующим является жидкое стекло, отверждаемое двухкальциевым силикатом в виде феррохромового шлака.

Сразу после приготовления жидкие смеси практически не имеют газопроницаемости. Она восстанавливается в процессе твердения в результате самопроизвольного разрушения пузырьков пены.

Живучесть ЖСС регулируется устойчивостью пены, определяемой составом пенообразователя и величиной индукционного периода твердения. Скорость твердения, соответственно, - количеством и величиной удельной поверхности отвердителя, а так же модулем жидкого стекла. Текучесть определяется плотностью и расходом жидкой композиции, состоящей из жидкого стекла, воды и ПАВ.

Основной задачей применительно к ЖСС является достижение определенного оптимума текучести и устойчивости пены смеси, с одной стороны, а также кинетики восстановления газопроницаемости, - с другой. Оптимизация осуществляется путем выбора соответствующего пенообразователя или пары «пенообразователь+пеногаситель» и регулированием их расхода. Если устойчивость пены меньше индукционного периода отверждения (живучести) ЖСС, развиваются процессы усадки смеси, проявляющиеся в проседании смеси в оснастке, а также в поднутрениях стержневых ящиков; при этом нередко наблюдается отслоение отвердевшей корки поверхностного слоя стержня. В том случае, если устойчивость пены превосходит индукционный период отверждения, газопроницаемость ЖСС восстанавливается медленно и абсолютная величина ее занижена. Для быстрого восстановления газопроницаемости может быть использована тепловая сушка. При правильно подобранном соотношении индукционного периода отверждения и устойчивости пены, а именно при их примерном соответствии, стержни и формы из ЖСС обладают высокой газопроницаемостью.

Повышенная пористость, невысокая прочность форм и стержней из ЖСС обуславливают их хорошую податливость при высокотемпературном прогреве, что позволяет избежать образования горячих трещин. Ввиду повышенной пористости отвержденной ЖСС обязательны меры по предотвращению пригара на отливках, особенно крупных, что достигается тщательным двухразовым окрашиванием.

Образцы из этой смеси изготавливаются в ручную на том же предприятии. Уже приготовленную смесь формуют в заранее приготовленную лабораторную оснастку, получают соответственно образцы, предусмотренных ГОСТ23409.6-78.

Исследования, проводимые со смесью С15

Определение газопроницаемости смеси

Материалы: прибор для определения газопроницаемости смеси (+GF+), металлическая гильза с поддоном, образцы смеси.

Методика : (ГОСТ 29234.11-91. Пески формовочные. Метод определения газопроницаемости). Газопроницаемость смеси определяем на специальном приборе (рис. 2). Образец из смеси помещаем в специальную гильзу и устанавливаем на приборе. В воздухопровод прибора вставляют дополнительное сопротивление в виде ниппеля. В комплекте прибора имеется два ниппеля с калиброванными отверстиями диаметром 0,5 и 1,5 мм, которые поддерживают определенный минутный расход воздуха для каждого образца, в этом случае отпадает необходимость замера времени прохождения воздуха через образец. Для испытания смеси газопроницаемостью более 49 единиц применяют ниппель с отверстием диаметром 1,5 мм, а для смеси газопроницаемостью до 49 единиц - ниппель с отверстием диаметром 0,5 мм. Ниппели устраняют необходимость пропускания через образец 2000 см³ воздуха и позволяют определять газопроницаемость смеси по показаниям водяного манометра с помощью таблицы.

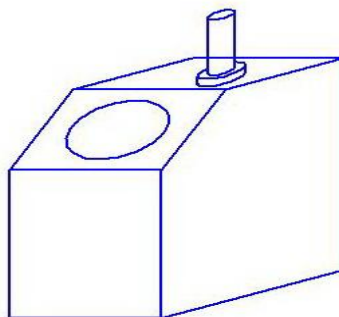


Рис. 3. Прибор для измерения газопроницаемости смеси

Результаты наблюдений и их обработка: результаты по газопроницаемости образцов записываем в таблицу 1.

Таблица 1. Газопроницаемость смесей, ед.

Номер образца	Давление		Диаметр отверстия ниппеля, мм
	Па	мм.вод.ст.	1,5
1	803,6	82	-
2	686,0	70	75
3	744,8	76	61
1	823,2	84	-
2	705,6	72	70
3	725,2	74	65

Статистика результатов:

1) Рассчитаем среднее значение газопроницаемости X_{cp} :

$$X_{cp} = \frac{75+61+70+65}{4} = 67,75$$

2) Вычислим отклонения результата каждого измерения от среднего значения:

$$\Delta X_i = |X_i - X_{cp}|$$

3) Вычислим квадратическое отклонение каждого измерения ΔX_i . Результаты расчетов ΔX_i и ΔX_i^2 внесем в таблицу 2.

Таблица 2. Квадратические отклонения

Номер опыта	X_i	X_{cp}	$ \Delta X_i $	ΔX_i^2
	г			
1	75	67,75	7,25	52,5625
2	61		6,75	45,5625
3	70		2,25	5,0625
4	65		2,75	7,5625
Сумма	271	-	-	110,75

4) Определим среднее квадратическое отклонение по формуле:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{cp})^2}{n-1}} ; S_m = \sqrt{\frac{110,75}{3}} = 6,076$$

5) Оценим значимость «крайних» значений результатов измерений газопроницаемости:

$$X_{max} = 75$$

$$X_{min} = 65$$

Определим критерии μ_1 и μ_2 :

$$\mu_1 = \left| \frac{X_{max} - X_{cp}}{S_x} \right| = \left| \frac{75 - 67,75}{6,076} \right| = 1,193$$

$$\mu_2 = \left| \frac{X_{\min} - X_{\text{ср}}}{X_m} \right| = \left| \frac{65 - 67,75}{6,076} \right| = 0,453$$

Задаемся значением вероятности $P=0,95$. Для вероятности 0,95 и четырех результатов измерений табличное значение критерия $\mu=1,69$. Расчетные значения μ_1 и μ_2 меньше табличного, поэтому крайние значения остаются в выборке.

6) При числе степеней свободы $k=n-1=3$ и $P=0,95$ значение критерия Стьюдента $t_{p,k}=3,182$.

7) Рассчитываем доверительные интервалы для среднего значения газопроницаемости смеси (абсолютная погрешность):

$$\Delta X_i = \pm \frac{t_{p,k} \cdot S}{\sqrt{n}} = \pm \frac{3,182 \cdot 6,076}{\sqrt{4}} = \pm 9,67$$

$$P\{X_{\text{ист}} \in [67,75 \pm 9,67]\} = 0,95$$

8) Относительная погрешность при измерении газопроницаемости смеси:

$$\alpha = \frac{\Delta X_{\text{ср}}}{X_{\text{ср}}} \cdot 100\% = \frac{9,67}{67,75} \cdot 100\% = 14,27\%$$

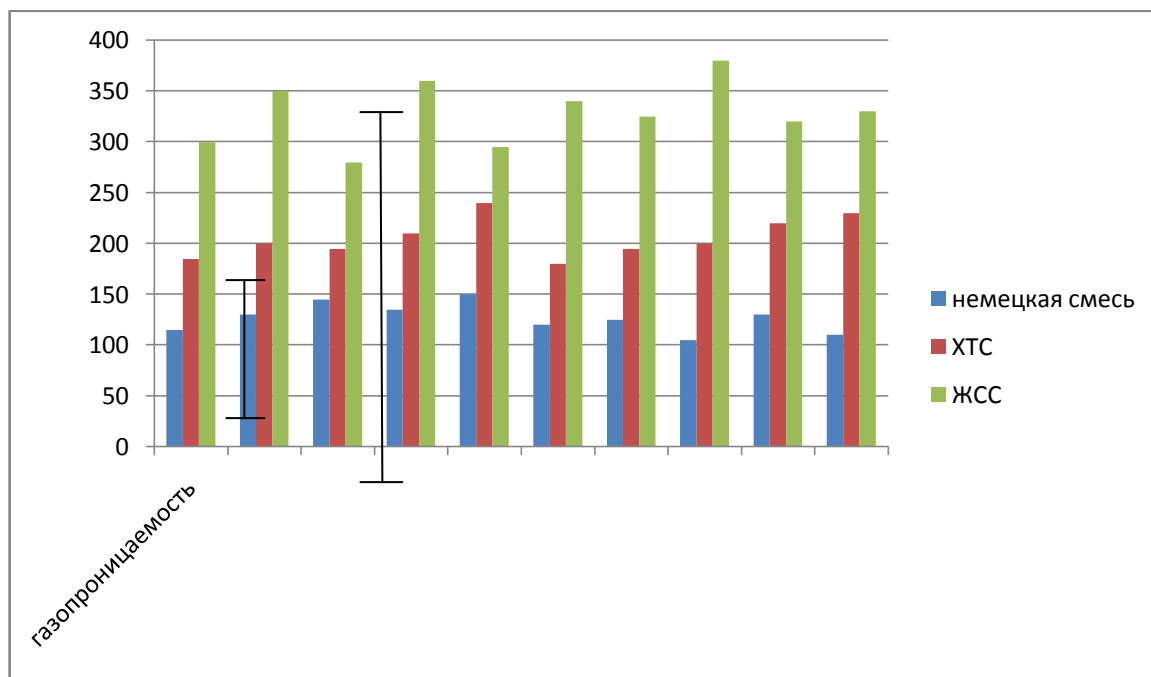


Рис. 4. Газопроницаемость.

Определение прочности при сжатии смеси в сухом состоянии

Материалы: прибор для определения прочности смеси и образцы смеси (+GF+) .

Методика: (ГОСТ 29234.4-91. Пески формовочные. Метод определения предела прочности при сжатии в сухом состоянии). Прочность при сжатии смеси в сухом состоянии определяют на испытательной машине мод. 04116Б (рис. 3). Испытуемый образец 2 устанавливаем на тарелку 1, опускаем с помощью упора 4 прижимной диск 3 до верхней поверхности образца и включаем тумблер 6. В момент разрушения образца на табло 5 высвечивается значение прочности смеси.

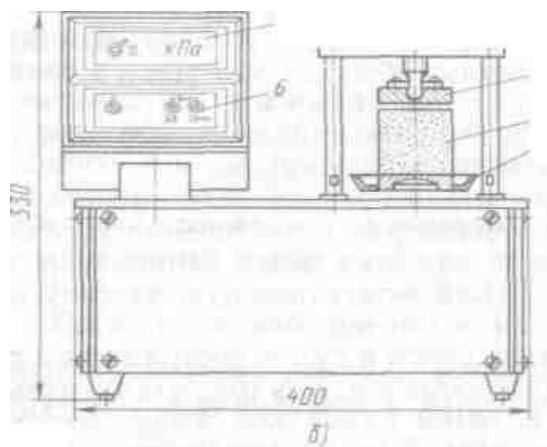


Рис. 5. Прибор для определения предела прочности смеси при сжатии

Результаты наблюдений и их обработка: прочность всех испытуемых образцов оказалась больше 3 МПа. Прочность стандартной песчано-смоляной смеси на основе смолы КФ-35 равна 0,12-0,3 МПа.

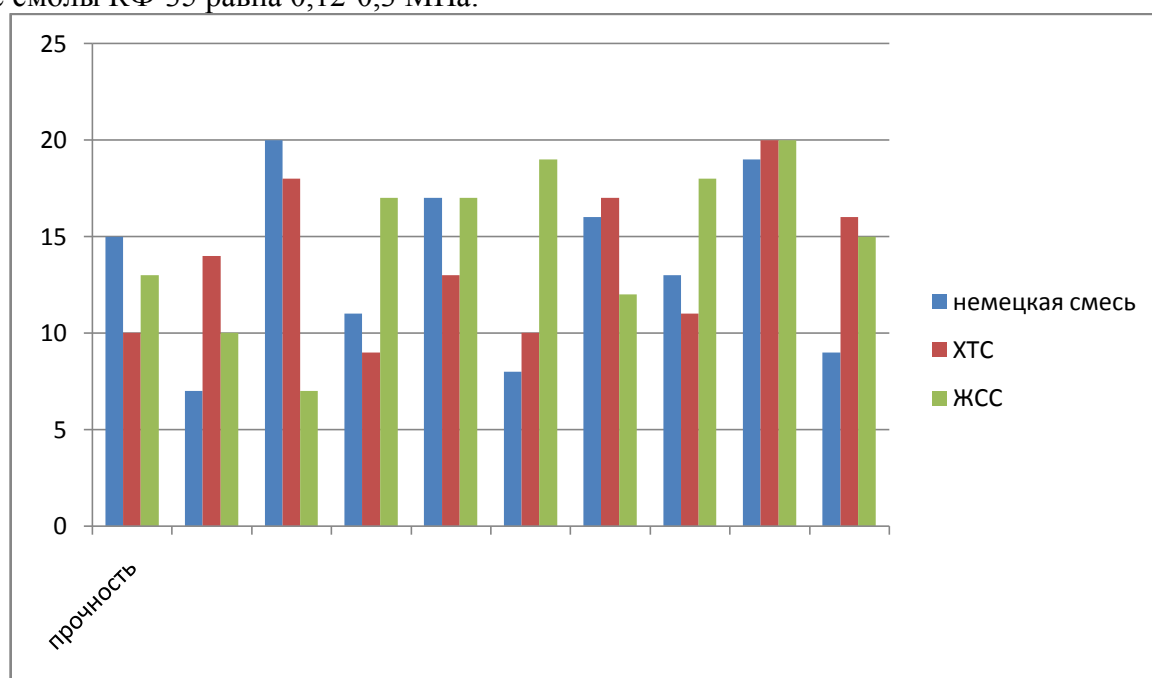


Рис. 6. Прочность

Проведя эксперименты и проанализировав результаты, можно сделать выводы о том, что при производстве экспериментальных отливок немецкая смесь для песчаного прототипирования оправдывает себя по стоимости, т.к. данная технология не требует

индивидуальной оснастки под каждое производимое изделие, но при данном производстве, пусть и малой серийности, но стабильной на протяжении десятилетий номенклатуры, выгоднее по себестоимости использование ХТС, т.к. эта смесь является более дешевой по сравнению с немецкой и имеет более лучшие показатели по газопроницаемости. ЖСС, имея еще более лучшие характеристики, проигрывает по таким критериям как качество поверхности, с данной смесью возможны проблемы при получении тонких каналов, что является нежелательным фактором в литье. Хотя для некоторых элементов ЖСС возможна как достойная и более дешевая альтернатива ХТС.

Литература

1. Галдин Н.М., Чернега Д.Ф., Иванчук Д.Ф. Цветное литье: Справочник.- М.: Машиностроение, 1989 г.
2. Курдюмов А.В. Лабораторные работы по технологии литейного производства.-М.: Машиностроение, 1990 г.
3. Российский сайт литейщиков- www.prr.ru
4. А.Н. Болдин, Н.И. Давыдов, Литейные формовочные материалы, справочник, М., Машиностроение, 2006г.
5. Ю.А. Степанов, Методические указания к лабораторным работам технология формовочных материалов, МВТУ, 1985г.
6. В.К. Бедель, Г.И. Тимофеев Литье под низким давлением, М.: Машиностроение 1968г.
7. Инструкция установки ЛНД KURZ