

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ ВОЗДУХА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛЬНОГО СОСТАВА «ВЕЛЕН»

Стаття присвячена проблемам виготовлення модельних сумішей з підвищеними фізико-механічними властивостями, у яких в якості наповнювача використовують повітря. Визначено фактори, що мають найбільший вплив на кількість замішаного повітря, а саме час, швидкість і температуру перемішування. Розглянуто вплив кількості повітря на показники усадки, міцності і теплотривкості деяких модельних сумішей. Визначено оптимальну кількість наповнювача для забезпечення високих технологічних показників модельної суміші «Велен».

The problems of making modeling wax with high physical and mechanical properties with using air as a filler are considered in this article. Factors which have the biggest influence on quantity of involved air, namely time, speed and hashing temperature, are defined. Influence of amount of air on the shrinkage, crack resistance and heat resistance of some model mixtures are shown. Optimum amount of filler for providing high technological qualities of model mixture «Velen» is resulted.

Современное производство сложных высокоточных деталей методом литья по выплавляемым моделям требует использования высококачественных формовочных материалов. Для обеспечения размерной точности литой заготовки, которая не требует дополнительной механической обработки, необходимо использовать модельные материалы, обладающие минимальной усадкой, высокой прочностью и теплостойкостью.

Наиболее перспективными являются модельные композиции на основе продуктов органического синтеза, которые по своей природе больше относятся к низкотемпературным термопластам, чем к обычным воскоподобным материалам. Таким МС является модельная масса «ВЕЛЕН», разработанная в лаборатории ИФФ [1].

Для повышения стабильности размеров и прочностных характеристик МС в ее состав вводят наполнитель (газообразный, жидкий или твердый). Наряду с очевидными преимуществами, наличие наполнителя значительно усложняет весь производственный цикл. Необходима замена существующего оборудования приготовления модельной пасты или его полная модернизация; необходимо увеличение усилий прессования при изготовлении моделей в несколько раз; возникают трудности при соединении готовых моделей в блоки; выплавка модельного состава требует более высоких температур, что может привести к растрескиванию оболочки; невозможна полная регенерации МС. Это приведет к удорожанию готовых отливок, и, соответственно, к снижению их конкурентной способности в условиях мирового рынка [2].

Единственный наполнитель, использование которого не требует кардинального изменения производственного цикла - это воздух. Его процентное содержание может колебаться в пределах 10-20%, а в некоторых случаях достигает и 40%.

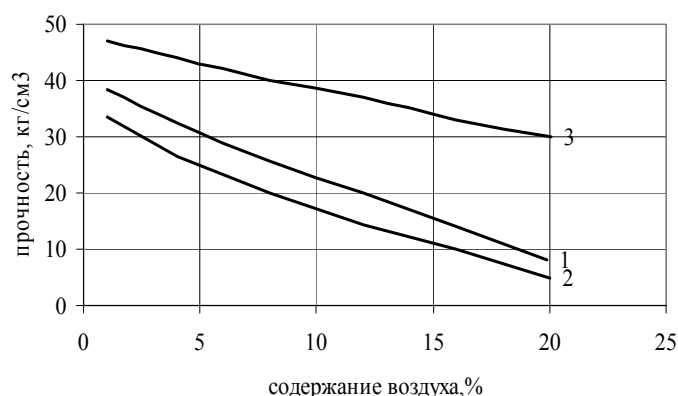


Рис. 1. Зависимость прочности модельного состава от содержания воздуха: 1 – модельный состав на основе парафина и стеарина в соотношении 1:1 по весу; 2 – модельный состав на основе парафина и жирных кислот в соотношении 1:1 по весу; 3 – модельный состав на основе парафина, стеарина и бурогольного воска в соотношении 5:2:3 по весу

Расплавленный модельный состав охлаждают до определенной температуры и перемешивают до достижения им «метанообразного» состояния. Потом пасту под давлением 0,2-0,4 мПа запрессовывают в пресс-форму. После снятия напряжения воздух, который находится в модельном составе, стремится расшириться и компенсирует усадку модельного состава. Кроме этого, готовые модели имеют меньшую плотность, а, соответственно, и вес, что значительно облегчает их эксплуатацию и хранение [3].

Анализ последних исследований показал, что процесс замешивания воздуха и влияние его количества на физико-механические свойства модельных составов рассматривался и раньше.

Как правило, повышение количества воздуха для большинства модельных составов, используемых отечественной промыш-

ленностью, приводит, с одной стороны, к уменьшению усадочных процессов, но с другой – к значительному падению других физико-технологических показателей, в частности, прочности на изгиб и теплостойкости.

Так установлено, что для модельных составов на основе парафина и стеарина, (рис 1. кривая 1) при 20% содержании воздуха прочность падает в 4 раза по сравнению с прочностью модельного состава без воздуха [3]. Примерно такую линейную зависимость мы наблюдаем и для других МС на основе минеральных восков и продуктов переработки природного сырья (рис 1. кривая 2, 3).

Как правило, такие составы имеют кристаллическую структуру.

Падение прочности можно объяснить тем, что в модельном составе с кристаллической структурой, пузырьки воздуха являются концентраторами напряжений и при увеличении нагрузки они способствуют разрушению готовой модели [4].

Таким образом была поставлена задача создать модельный состав на основе недорогих недефицитных материалов, при этом его структура должна быть кристаллической (для обеспечения необходимой прочности, твердости, жесткости и т.д.) со значительным количеством аморфной фазы, которая придаст составу необходимую жидкоподвижность, эластичность и гибкость. Такой модельный состав должен хорошо аккумулировать воздух, а вокруг его пузырьков будут образовываться реакционно-способные группы.

В работе были проведены исследования влияния процентного содержания воздуха на физико-механические характеристики модельного состава «ВЕЛЕН» на основе парафина, церезина и сложных синтетических углеводородов [5].

Особенностью созданного нами модельного состава является то, что при его приготовлении в смесь расплавленного парафина и церезина определенным способом и при определенной температуре вводятся полиэтиленовый воск и севилен [6, 7].

Парафин является наиболее недефицитным и недорогим компонентом модельного состава с кристаллической структурой, он является довольно пластичной основой, не склонной к трещинообразованию, но имеет невысокую прочность и теплостойкость. Церезин - аморфное вещество, пластичное, теплостойкое, хорошо сплавляется с парафином. Полиэтиленовый воск благодаря цепным насыщенным молекулам оптимальной длины (C20-70) повышает каркасность модельного состава, повышает прочность и теплостойкость парафина, улучшает реологические характеристики состава в целом. Севилен имеет повышенную эластичность, повышенную адгезию к другим веществам, выполняет функцию пластификатора [8].

Все компоненты данного модельного состава выполняют определенную функцию (табл. 1), что дает возможность получить такие физико-механические и технологические свойства, которые позволяют конкурировать с уже известными заграничными аналогами, такими как модельные составы фирм «Kindt Collins» и «Blason» [1].

Таблица 1

Компоненты модельного состава

№ п/п	Компонент	Функция	Формула	Свойства			
				плотность, г/см ³	Температура плавления, °C	Линейная усадка, %	прочность при сжатии, МПа
1	парафин	основа	$C_nH_{(2n+2)}$	0,90-0,95	50-51	0,3-1,0	0,4-0,5
2	церезин	растворитель	від $C_{36}H_{74}$ до $C_{55}H_{112}$	0,91-0,94	65-88	-	-
3	полиэтиленовый воск	упрочнитель	$(CH_2 - CH_2)_n$	0,92-0,95	104-115	2,0-3,0	12-16
4	севилен	пластификатор	$(CH_2)_n$	0,93-0,95	85-95	-	12-14

Парафин и церезин – кристаллические вещества, относящие к группе сложных углеводородов, макромолекулы которых соединены между собой прочными химическими связями (рис.2а, б). После введения в расплав синтетических полимеров в нем происходят процессы полимеризации, то есть образование новых надмолекулярных структур. Причем эти процессы протекают не только во время приготовления модельного состава, а еще в течении суток после его заливки в блоки и кристаллизации. Механизм протекания процессов полимеризации можно объяснить следующим образом.

Как правило, сложные длинные молекулы полимера имеют форму глобул (рис.2в), но при определенных термодинамических условиях они способны объединяться в более сложные надмолекулярные структуры – пачки. Как правило, такой процесс требует высоких температур и давлений. Но в данном случае молекулы полимера могут объединяться не только между собой, но и с молекулами основы (парафина и церезина), длина которых значительно меньше а структура - кристаллична. Если пачка состоит из регулярных макромолекул, то при соответственных термодинамических условиях в ней произойдет кристаллизация, то есть, молекулы распределятся таким образом, чтобы создать пространственную решетку. При этом между пачками остаются «свободные» макромолекулы, которые способны относительно легко менять свою ориентацию в пространстве, за счет чего наблюдаем высокие реологические свойства модельной массы [9]. Сплав парафина и церезина имеет кристаллическую структуру со значительным количеством аморфной фазы (рис.2г).

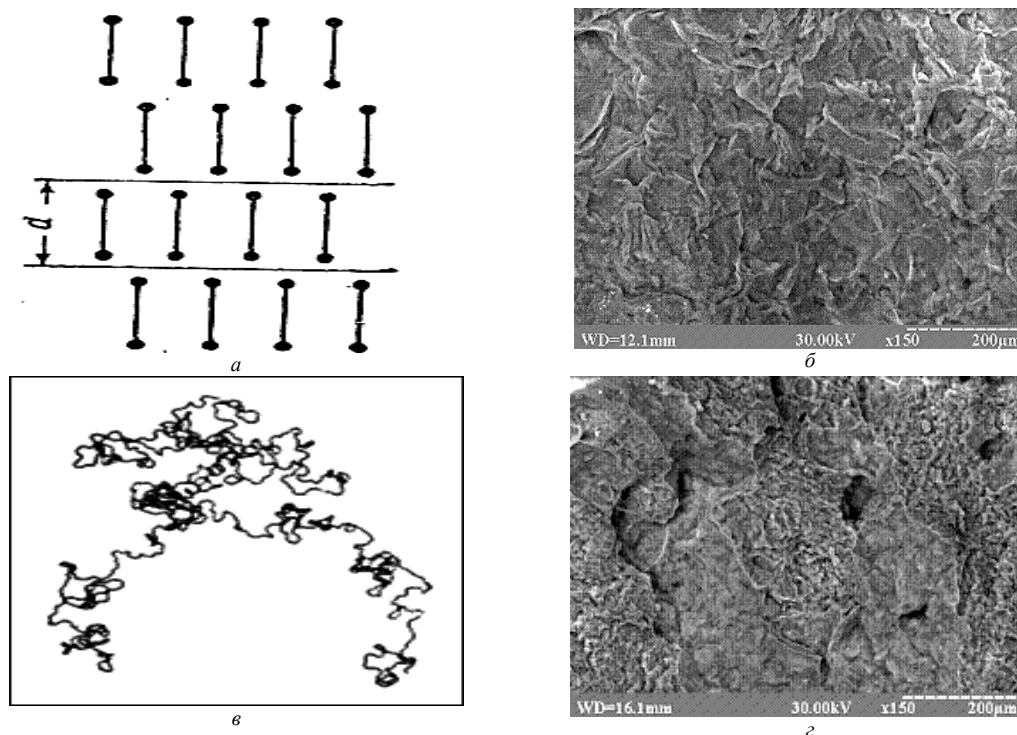


Рис. 2. а) упаковка молекул в кристаллах парафинов; б) структура парафинов; в) модель молекулы полиэтилена; г) структура модельного состава

Операция замешивания воздуха в модельный состав является сложным процессом, зависящим от множества факторов. Наиболее существенными из них являются время перемешивания, температура перемешивания и скорость перемешивания расплавленного модельного состава.

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены зависимости (рис. 3), на которых видно, что время перемешивания является самым значимым фактором, тогда как температура и скорость перемешивания можно выбрать в интервале 60-70 °C и 75-100 об/мин. соответственно.

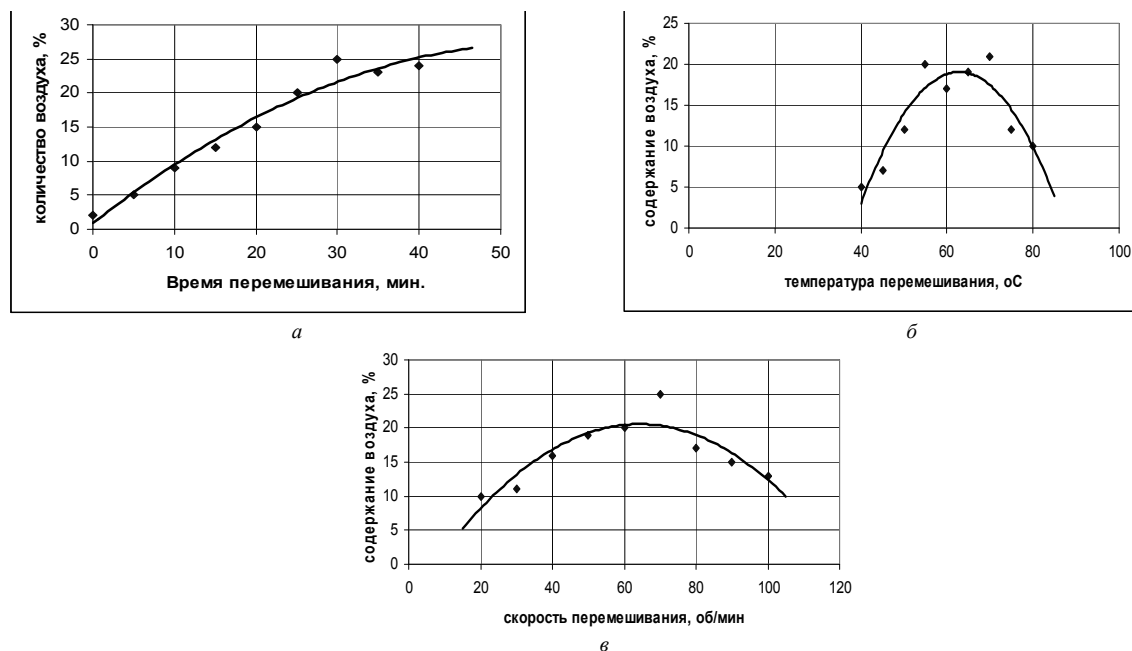


Рис. 3. Зависимость процентного содержания воздуха в модельном составе от: а) времени перемешивания, мин; б) скорости перемешивания, об/мин; в) температуры перемешивания, °C

Экспериментальным путем было установлено, что использование воздуха в качестве наполнителя оказывает положительное влияние не только на усадочные процессы, но и повышает прочность и теплостойкость при его определенном процентном содержании.

Как видно из рис.4,а при содержании воздуха 10-12 % усадка модельного состава значительно понижается, причем дальнейшее повышение содержания воздуха нецелесообразно по причине незначительного влияния на усадочные процессы.

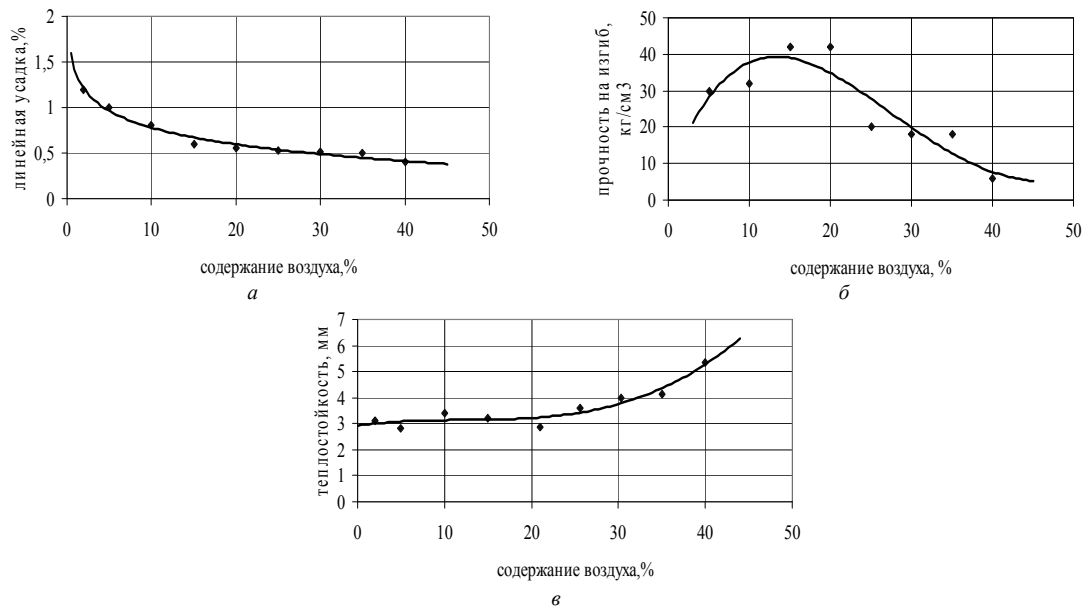


Рис. 4. Зависимость технологических параметров модельного состава от процентного содержания воздуха: а) усадки; б) прочности; в) теплостойкости

Очень интересные данные были получены относительно влияния количества воздуха на прочность. Так, при увеличении процентного содержания воздуха до 10-15% наблюдаем повышение прочности с 36 до 42 МПа, после чего происходит резкий переход и прочность падает (рис.4,б).

Теплостойкость практически не меняется с увеличением процентного содержания воздуха вплоть до 20-22%, после чего происходит резкое падение ее показателей (рис.4,в).

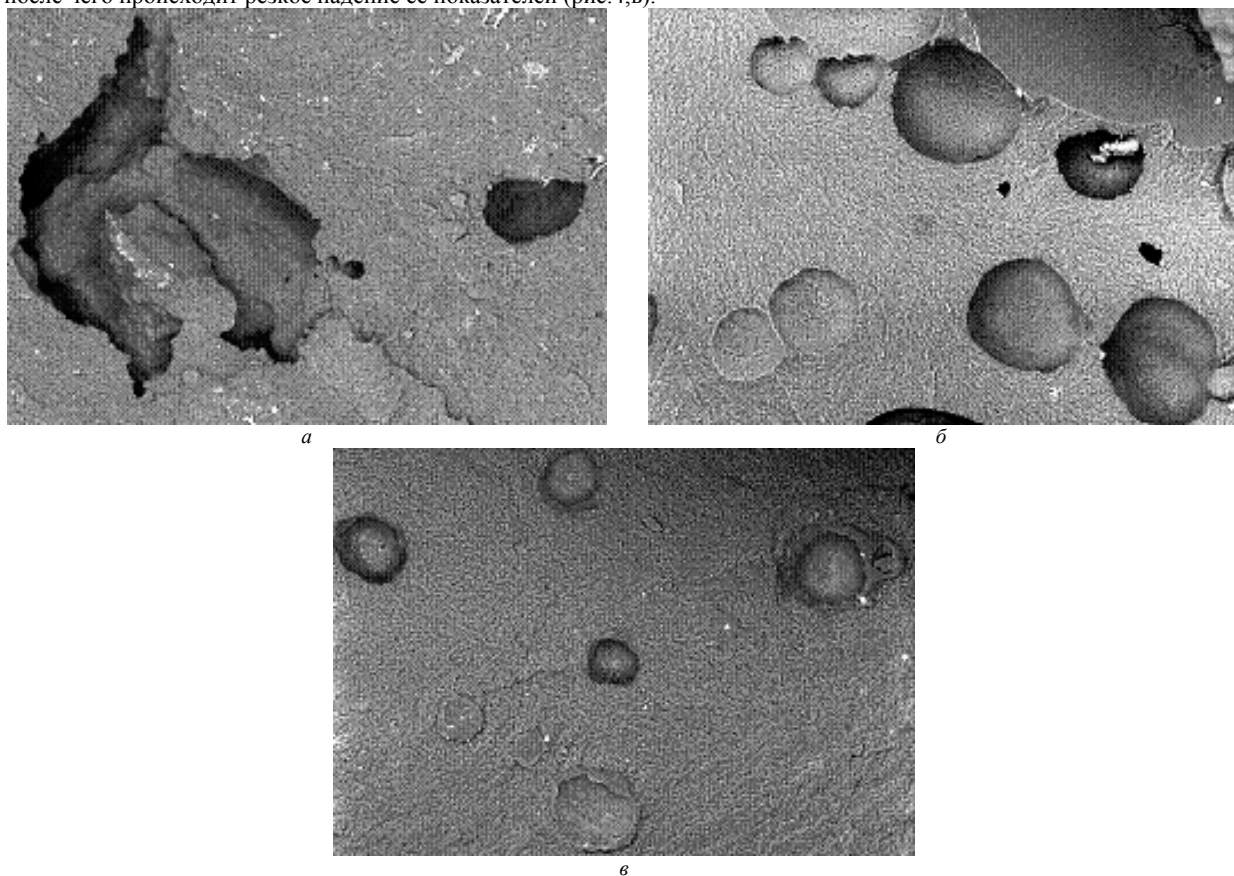


Рис. 5. Фотографии излома образца МС при увеличении в 200раз на РЭМ-2: а) без перемешивания; б) 10 мин. перемешивания; в) 20 мин. перемешивания

Эти данные можно объяснить следующим образом. Благодаря введению в парафино-церезиновую смесь полимеров (полиэтиленового воска и севилену) мы получаем кристаллическую структуру плотно упакованных молекул углеводородов с включениями длинных молекул полимера. При наличии в составе пузырьков воздуха вокруг них возникает ориентированная и более напряженная структура. С увеличением центров структурообразования размер ориентированных полимерных структур уменьшается. Вокруг поверхности наполнителя (воздуха) возникают реакционноспособные функциональные группы вторичных надмолекулярных структур.

Кроме этого было установлено, что на физико-механические показатели МС влияет не только количество замешанного воздуха, но и степень его распределения по всему объему образца, а также форма и размер пузырьков воздуха.

Исследования макроструктуры образцов показали, что при недостаточном времени перемешивания и несоблюдении температурно-скоростных параметров процесса воздух распределяется по объему неравномерно, образуя пустоты неправильной формы, что в дальнейшем может привести к разрушению готовой модели (рис.5а).

Для устранения таких видов брака, как недоливы, утяжины, трещины и т.д., модели должны иметь рассредоточенную мелкодисперсную открытую пористость, при чем в тонких частях - меньшую, в массивных – большую.

Путем изменения температуры, скорости и времени перемешивания модельного состава мы добились изменения формы пузырьков из неправильной на шарообразную, при этом в массивной части наблюдаем пористость около 30% по объему с размерами пор 250-360 мкм (рис. 5б), тогда как в тонких частях процент пористости не превышает 10%, а поры имеют размеры в пределах 180-250 мкм (рис. 5в).

Такие результаты мы наблюдаем при непрерывном перемешивании модельной пасты 20 мин. в диапазоне температур 50-60 °С со скоростью 70-80 об/мин.

На основе проведенных исследований процесса приготовления модельного состава установили, что для повышения его физико-механических характеристик необходимо подобрать такие компоненты, которые будут хорошо сочетаться друг с другом и выполнять свою определенную функцию. Анализ используемых в качестве наполнителя материалов позволил определить, что оптимальным наполнителем является воздух, использование которого не требует кардинального изменения основной технологической схемы производства отливок, при этом позволяя получить пористые выплавляемые модели с высокими показателями прочности, теплостойкости и малой усадкой.

Модельные составы на основе сложных углеводов являются перспективными модельными материалами, свойства которых отличаются от свойств ранее известных МС. Они требуют дальнейшего подробного изучения с целью их широкого применения в промышленности.

Список литературы

1. О.Г. Оспенникова, А.Н. Шутов, Л.В. Пикулина, А.М. Душкин, «Модельные композиции на основе синтетических материалов для литья лопаток ГТД», Литейное производство, 2003, №1, 21-23
2. И. Г. Сапченко, С. Г. Жилин, О. Н. «Влияние пористости моделей на их свойства, качество оболочковых форм и отливок», Литейное производство, 2003, № 4, 12–15
3. Бутузов А.В. Основы конструирования автоматизированных линий для производства литья по выплавляемым моделям. – М: МАИ, 1970. – 64с.
4. Гуль В.Е, Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. Учеб. для хим.-технолог. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство «Лабиринт», 1994. – 367с: ил.
5. Декларационный пат. на полезную модель 48376 Украина, МПК (2006) B22C7/02. Модельный состав/ Постижено В.К. – Заявл. 15.03.2002; Оpubл. 15.08.2002, Бюл. № 6
6. Декларационный пат. на полезную модель 43687 Украина, МПК (2009) B22C7/00. Модельный состав/ Постижено В.К., Береговая О.С. – Заявл. 7.04.2009; Оpubл. 25.08.2008, Бюл. № 16
7. Декларационный пат. на полезную модель 43686 Украина, МПК (2009) B22C7/00. Способ получения модельного состава / Постижено В.К., Береговая О.С. – Заявл. 7.04.2009; Оpubл. 25.08.2008, Бюл. № 16
8. Репях С.И. Технологические основы литья по выплавляемым моделям. - Днепропетровск: Лира, 2006. – 105бс.
9. Лакеев А.С., Борисов Г.П. Основы реологии модельных материалов при литье по выплавляемым моделям. - К. : Наук. Думка, 1971.-132с