УДК 621.74

ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ХОЛОДНОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТВЕТСТВЕННЫХ И ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ОТЛИВОК ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.А. Щетинин, В.А. Аммер, Ю.Ю. Турищев

В статье обсуждены перспективы применения смесей, способных отверждаться без тепловой обработки при изготовлении литейных форм и стержней

Ключевые слова: литьё, холоднотвердеющие смеси, ответственные отливки

В настоящее время в литейном производстве России доля форм и стержней, изготавливаемых из холоднотвердеющих смесей (ХТС) составляет 50-55%. Остальные 50-45% приходятся на песчано-глинистые (ПГС) и жидкостекольные (ЖСС) смеси.

Хорошие перспективы открываются при использовании ХТС в технологических процессах «α-set» (αsp) и «β-set» (βsp), основанных на применении щелочной фенольной смолы, отверждаемой смесью эфиров в смоленом связующем для αsp за счёт сильного ощелачивания при синтезе, достигаемого с помощью избыточного гидроксида калия, фенолформальдегидный олигомер, переходит в фенольную форму, особенностью которой является замещение атомов водорода в активные гидроксилах атомами калия. Благодаря этому свободный фенол (высокотоксичный продукт) переводится в нелетучую форму фенолята калия. Одновременно с этим удаётся максимально связать свободный формальдегид. Эффективными отведителями фенолятного олигомера являются изначально нейтральные сложные эфиры типа триацетата глицерина (триацетина), диацетата этиленгликоля, гаммабутиролактона и др., обеспечивающие более высокий уровень прочности. Высокая температура испарения этих соединений (около 200°С) обеспечивает минимальное выделение паров в атмосферу рабочей зоны; при этом по химической природе они являются малоопасными реагентами. Другими достоинствами являются: достаточная термостойкость, низкая газотворность, хорошее качество поверхности отливок.

Основу отвердителей составляет триацетин, способствует формированию прочности смеси после 24ч. отверждения на уровне 0,75-0,90 МПа (живучесть 4,5-10,5 мин.); сильный отвердитель, содержащий в основе бутиролактон - прочность 0,9 МПа (живучесть 3 мин. затрудняет использование в производстве). Прочность смеси на сжатие через 24 ч. отверждения для данных двух типов отвердителей составляет от 3,0 до 3,2 МПа.

Прочность ХТС определяется не только свойствами связующего и наполнителя, но и структурой смеси; это подтверждается результатами исследования излома отверждённых образцов ХТС на электронном микроскопе, рис. 1.

Рис. 1. Электронная фотография излома ХТС (х600)

Видно, что разрушение носит адгезионный характер ($\sigma_{АДГ}/\sigma_{КОГ}$=0,5–0,2). Разрушение происходит по манжетам связующего, число стыковых манжет является структурной характеристикой смеси ХТС с точки зрения её прочности.

Щетинин Анатолий Антонович – ВГТУ, д-р физ.-мат. наук, профессор, тел. 8(903)-650-42-41
Аммер Владимир Алексеевич – ВГТУ, канд. техн. наук, доцент, тел. 8(919)-187-89-09
Турищев Юрий Юрьевич – ВГТУ, аспирант, тел. 8(950)-763-47-57

Важнейшей характеристикой взаимодействия ХТС с металлом является теплообмен между отливкой и формой. Считается, что теплообменный процесс в такой системе можно характеризовать тремя основными параметрами:

- продолжительностью (τ_0) прямого контакта жидкого металла со смесью. В этот период в отливке образуется большинство поверхностных дефектов, поэтому свойства ХТС имеют решающие значение;
- температурно-временное поле в форме или в стержне на расстоянии x от поверхности раздела в любой произвольный момент времени τ; $t_X=f(x,\tau)$;
- скорость нагрева смеси в определённой точки стержня или формы v_x.

На рис. 2 приведено обобщённое температурное поле в форме из ХТС с различными наполнителями.

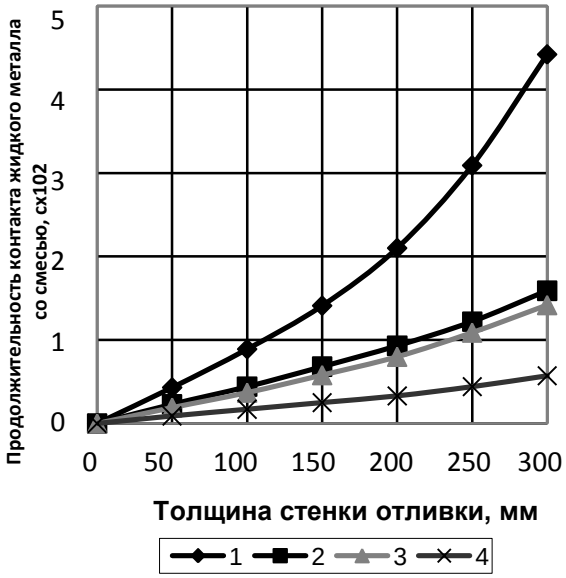

Рис. 2. Температурное поле в форме из ХТС

Наполнители: 1 – кварцевый песок (связующее: смола); 2 – дистенсиллиманит (связующее: смола); 3 – циркон (связующее: смола); 4 – кварцевый песок (связующее жидкое стекло).

Температура прогрева стержня в градусах (°С) и скорость прогрева формы со стороны рабочей поверхности ХТС приведены в табл. 1.

Таблица 1

Температура прогрева, °С			Скорость прогрева, °С/мин.		
Расстояние (x), мм	Толщина стенки отливки, мм		Толщина стенки отливки, мм	Расстояние (x), мм	
	40	100		5	20
5	1000	1130	50	450	62
10	920	1080	100	530	70
20	820	980	-	-	-
50	480	580	-	-	-
100	245	280	-	-	-

Условия термостойкости смесей из ХТС приведены в табл. 2.

Таблица 2

Состав смеси	Термостойкость, с при температуре, °С			
	600	800	1000	1200
Кварцевый песок (связующее: смола)	260	137	74	70
Дистенсилли манит (связующее: смола)	300	250	240	190
Циркон (связующее: смола)	530	460	310	216

Пористость формовочных смесей из ХТС равно 40%, эффективный размер пор 35 мкм.

Деформация смесей, применяемых широко при стальном литье, в условиях реальной работы литейной формы, показана на рис. 3.

Наиболее значительное увеличение размеров смеси ПГС происходит во временном интервале 5-20с. Возникающие при этом напряжения способны привести к разрушению поверхностных слоёв литейных каналов. Деформация ХТС по абсолютной величине незначительна. Деформация ЖСС отрицательна, что свидетельствует о её неподатливости.

Интересные факты выявляются при нагреве ХТС до 90 – 120°С, а именно происходит повышение скорости роста температуры в исследуемых слоях, что связано с усилением конвективной теплопередачи за счет выделения газов при термодиструкции связующего. В интервале температур 425 –

450°С происходит разупрочнение поверхностного слоя толщиной 5–7 мм. При дальнейшем нагреве до 550 °С происходит разрушение слоя смеси толщиной 15–17 мм и дальнейшее разупрочнение по глубине. При 700 °С разрушается слой смеси толщиной примерно 20–25 мм. При нагреве до 900°С образец практически полностью разрушился.

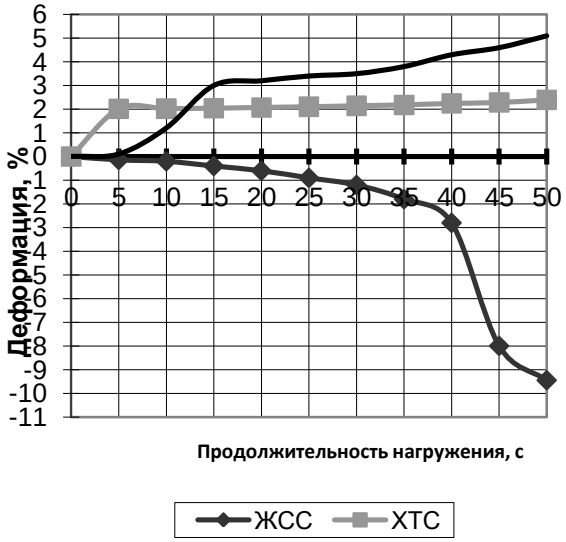

Рис. 3. Зависимость деформации смесей (ξ) от продолжительности нагружения (нагрузка 0,4 МПа, температура 1000°С)

На рис. 4 представлена зависимость твердости (Т) в образце подвергнутом тепловому воздействию.

Твердость является косвенным показателем прочности смеси при конкретной температуре. Показатели твердости измеряли твердомером модели 0731М. Показатели распределения твердости по исследуемым зонам образца коррелируют с температурными зависимостями: слои смеси претерпевшие сильное тепловое воздействие разупрочняются (теряют твердость). Более глубокие слои (от 30 мм) разупрочняются и твердость в них понижается на 40 – 80 %.

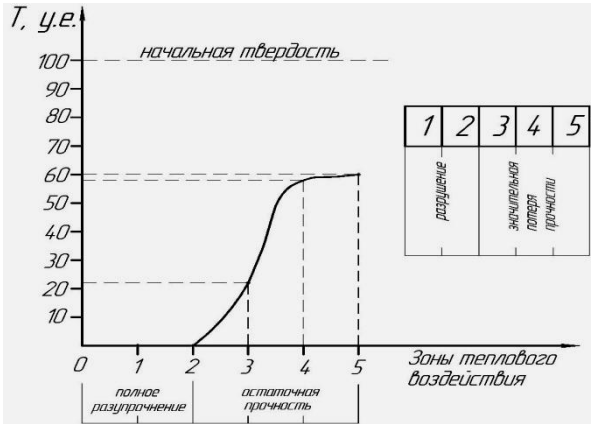

Рис. 4. Распределение твердости по зонам образца, подвергнутого тепловому воздействию, 600 – 650 °С

Исследование теплового воздействия показывает, что при нагреве образцов выделяется специфический запах, скорость прогрева изменяется от 2,2 до 3,5 °С/мин, происходит потеря прочности и соответственно твердости в слоях толщиной 10– 20мм при температуре нагревателя 730–825 °С, эквивалента жидкого металла в температурном отношении формы.

Литература

1. Жуковский С. С., Лясс А. М. Формы и стержни из холоднотвердеющих смесей. М.: Машиностроение, 1978 – 224с.

2. Дружевский М.А., Матвеев И.А. Определение горячей деформационной способности химически твердеющей смеси. Литейноепризводство 2001. №6 с. 18-19.

Воронежский государственный технический университет

PRIORITIES AND PERSPECTIVES OF APPLICATION COLDHARDENING MIXTURES IN MAKING OF RESPONSIBLE AND HIGHLOADED CASTS FOR AVIATION INDUSTRY.

A.A. Shchetinin, V.A. Ammer, Y.Y. Turishchev

In the article are discussed perspectives of application mixture, which can be hard without warm manufacture in making of castings forms and bars

Key words: casting, cold hardening mixtures, responsible casts