



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-125-133>
УДК 621.74; 621.792; 669.53.01.99; 621.88

Поступила 03.04.2024
Received 03.04.2024

ИССЛЕДОВАНИЕ СКЛЕЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ПРИ КОНТАКТЕ С ФОРМОВОЧНЫМИ СМЕСЯМИ

М.Л. КАЛИНИЧЕНКО, Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: m.kalinichenko@bntu.by

Качество получаемых отливок напрямую зависит от модельной оснастки и материалов, используемых для ее изготовления. Рассмотрены свойства элементов модельных комплектов, полученных из пластика и соединенных с использованием технологии склеивания. Свойства данных соединений оценивали с помощью естественного старения в атмосферных условиях. Проведены работы по анализу влияния абразивных свойств формовочной смеси и ее компонентов на качество склеенных модельных комплектов. Выполнены работы по оценке твердости и текучести формовочной смеси на пробе Г.М. Орлова с использованием стандартных и пластиковых вкладышей как цельных, так и склеенных.

Ключевые слова. Литейное производство, модельная оснастка, склеивание, модельный пластик, исследование клеевого шва.
Для цитирования. Калининченко, М.Л. Исследование склеенных элементов модельных комплектов в условиях атмосферных воздействий и при контакте с формовочными смесями / М.Л. Калининченко // Литье и металлургия. 2024. № 2. С. 125–133. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-125-133>.

STUDY OF GLUED ELEMENTS OF MODEL KITS UNDER ATMOSPHERIC CONDITIONS AND CONTACT WITH MOLDING MIXTURES

M. L. KALINICHENKO, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nesavisimosti ave.
E-mail: m.kalinichenko@bntu.by

The quality of obtained castings directly depends on the model equipment and the materials used for its production. The properties of elements of model kits, made of plastic and joined using glue technology, are examined. The properties of these joints were evaluated through natural aging under atmospheric conditions. Works were carried out to analyze the influence of abrasive properties of the molding mixture and its components on the quality of glued model kits. Hardness and plasticity tests of the molding mixture were conducted using G. M. Orlov's sample with both standard and plastic inserts, both integral and glued.

Keywords. Foundry production, model equipment, glue, model plastic, adhesive seam investigation.
For citation. Kalinichenko M. L. Study of glued elements of model kits under atmospheric conditions and contact with molding mixtures. Foundry production and metallurgy, 2024, no. 2, pp. 125–133. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-125-133>.

Одним из способов увеличения конкурентоспособности продукции литейного производства является снижение стоимости получаемого изделия за счет уменьшения затрат на механическую обработку и увеличения точности отливок. Данный эффект обеспечивается повышением качества модельных комплектов (МК) и используемых материалов, а также совершенствованием крепления элементов комплекта друг к другу.

Перспективным способом создания МК является склеивание их отдельных элементов. Один из основных факторов анализа применения склеенных МК – оценка их надежности в процессе формообразования с учетом старения клеевого шва, его взаимодействия с формовочными материалами и износа при изготовлении разовых литейных форм [1, 2].

Исследование клеевых соединений в условиях атмосферных воздействий

Для оценки возможности хранения МК периодического использования было принято решение о проведении долгосрочных испытаний, в которых склеенные элементы модельных пластиков находились в условиях реального климатического воздействия в течение одного календарного года.

Для испытаний были подготовлены склеенные образцы на основе модельных пластиков PROLAB 65; PROLAB 75; LAB 850; LAB 920 GN; WB-1404 RARU-TOOL, соединенные с помощью клеев на

акриловой основе DP 8805NS, DP 8005NS, универсальным цианакрилатным суперклеем «Секунда 505», полиуретановым клеем LOCTITE UK 8103, а также белорусскими клеями фирмы ООО «Иннова Продактс» (торговая марка «NAVR») на цианакрилатной и эпоксидной основе (табл. 1) [2, 3]. Размеры всех склеенных образцов – $30 \times 15 \times 15$ мм (погрешность в размерном эквиваленте составила $\pm 0,5$ мм на сторону).

Выдержку проводили в естественных атмосферных условиях при открытом уличном складировании. Результаты испытаний показывают, что изменений массы образцов не наблюдалось, что соответствовало величине погрешности (табл. 2).

Таблица 1. Характеристика промышленных клеев белорусской фирмы ООО «Иннова Продактс» (торговая марка «NAVR») на эпоксидной и цианакрилатной основе

Характеристика клеев	Клей фирмы «NAVR» на эпоксидной основе		Клей фирмы «NAVR» на цианакрилатной основе
	основа (Б)	отвердитель (А)	однокомпонентный
Тип клея	Эпоксидная смола		Цианакрилат
Цвет	Прозрачный	Прозрачный	Прозрачный или черный
Время набора начальной прочности (23 °С)	2–5 мин		5–20 с
Полная полимеризация при 23 °С	Через 24 ч		10–15 мин
Соотношение компонентов	1: 1		Однокомпонентный
Срок хранения	Хранить в сухом месте при температуре от +5 до +30 °С вдали от огня и источников инфракрасного излучения 36 мес от даты изготовления		24 мес от даты производства
Область применения	Предназначен для соединения различных сочетаний металлов (железо, алюминий, медь, цинк), дерева, древесностружечной плиты, бетона, керамики, линолеума, оргстекла и других материалов. Может применяться для заполнения мелких сколов и других объемных повреждений, так как обладает хорошей текучестью и быстрым затвердеванием. Не рекомендуется применять для склеивания полиэтилена, полипропилена, тефлона		Предназначен для склеивания в различном сочетании таких материалов, как кожа, дерево, резина, керамика, металл, пластик

Таблица 2. Масса исследуемых образцов до и после выдержки в естественных атмосферных условиях

Вид адгезивов	Масса образцов исследуемых видов пластиков, г				
	PROLAB 65	PROLAB 75	LAB 850	LAB 920 GN	WB-1404 RARU-TOOL
DP 8805NS	4,7 / 4,7	5,3 / 5,3	7,7 / 7,7	8,8 / 8,8	9,4 / 9,4
DP 8005NS	4,3 / 4,3	5,3 / 5,3	7,8 / 7,8	8,7 / 8,7	9,3 / 9,3
Секунда 505	4,6 / 4,6	5,3 / 5,3	7,9 / 7,9	8,5 / 8,5	9,4 / 9,4
LOCTITE UK 8103	4,3 / 4,3	5,2 / 5,2	8,2 / 8,2	8,7 / 8,7	9,4 / 9,4
Белорусский цианакрилатный клей	4,4 / 4,4	5,3 / 5,3	7,9 / 7,9	8,7 / 8,7	9,3 / 9,3
Белорусский эпоксидный клей	4,6 / 4,6	5,2 / 5,2	8,0 / 8,0	8,6 / 8,6	9,4 / 9,4

В качестве визуально-оптических изменений можно отметить частичную утрату окраски (выцветание) образцов с наименьшей плотностью: PROLAB 65 ($0,65 \text{ г/см}^3$); PROLAB 75 ($0,78 \text{ г/см}^3$) (рис. 1).

Образцы модельных пластиков, обладающих более высокой плотностью (LAB 850 ($1,18 \text{ г/см}^3$); LAB 920 GN ($1,3 \text{ г/см}^3$); WB-1404RARU-TOOL ($1,4 \text{ г/см}^3$)), не претерпели цветовых изменений и имеют преимущество по сравнению с мягкими пластиками (рис. 2), выраженное в отсутствии видимых процессов разрушения поверхности, выщербин и выемок (рис. 2, б, з), но сохранили следы фрезерной обработки. Особо необходимо отметить, что длительное атмосферное воздействие не оказало видимых изменений в местах перепадов высот, оставленных после работы фрезы.

На основании анализа проведенных ранее макроскопических исследований возникла необходимость составления комплексной оценки склеиваемых элементов МК. Оценку проводили по следующим параметрам: вымывание клея; наличие растрескивания клея; изменение цвета клея и его твердости (табл. 3).

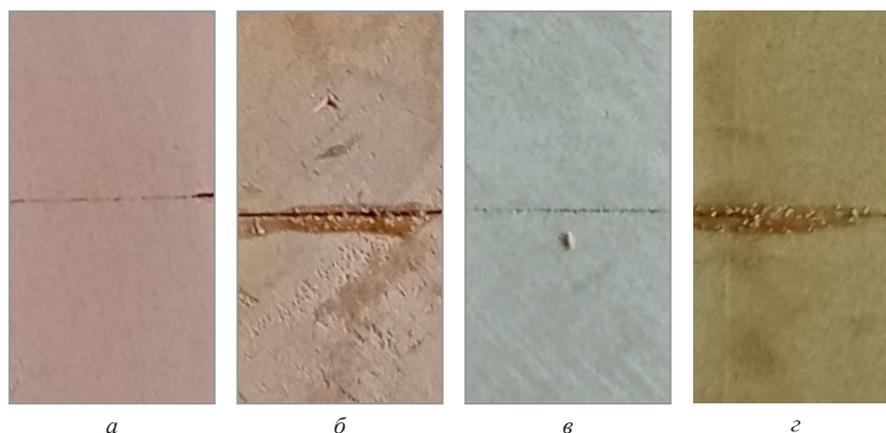


Рис.1. Изменение цветовой гаммы склеенных образцов модельных пластиков с низкой плотностью: *a* – образец пластика PROLAB 65 до испытаний; *б* – образец пластика PROLAB 65 после испытаний; *в* – образец пластика PROLAB 75 до испытаний; *г* – образец пластика PROLAB 75 после испытаний

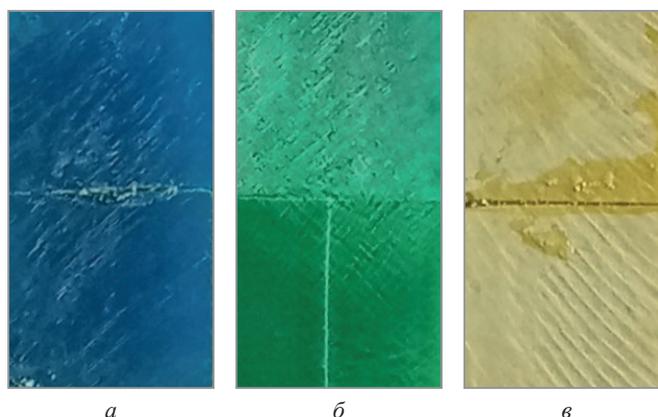


Рис. 2. Обзорный вид поверхности склеенных образцов модельных пластиков с более высокой плотностью после выдержки в атмосферных условиях: *a* – модельный пластик LAB 850; *б* – модельный пластик LAB 920 GN; *в* – модельный пластик WB-1404RARU-TOOL

Таблица 3. Анализ изменения свойств клевого шва после длительных атмосферных воздействий

Вид модельных пластиков	Вид используемых клеев	Вид проводимых исследований		
		вымывание клевого шва	наличие растрескивания клевого шва	изменение цвета клевого шва
PROLAB 65	DP 8805NS	+	+	+
	DP 8005NS	+	–	–
	Секунда 505	–	–	–
	LOCTITE UK 8103	–	–	–
	Белорусский цианакрилатный клей	–	–	–
	Белорусский эпоксидный клей	–	–	–
PROLAB 75	DP 8805NS	+	+	+
	DP 8005NS	+	–	+
	Секунда 505	–	–	–
	LOCTITE UK 8103	–	–	–
	Белорусский цианакрилатный клей	–	–	–
	Белорусский эпоксидный клей	–	–	–
LAB 850	DP 8805NS	–	–	–
	DP 8005NS	–	–	–
	Секунда 505	–	–	–
	LOCTITE UK 8103B10	–	–	–
	Белорусский цианакрилатный клей	–	–	–
	Белорусский эпоксидный клей	–	–	–

Вид модельных пластиков	Вид используемых клеев	Вид проводимых исследований		
		вымывание клеевого шва	наличие растрескивания клеевого шва	изменение цвета клеевого шва
LAB 920 GN	DP 8805NS	–	–	–
	DP 8005NS	–	–	–
	Секунда 505	–	–	–
	LOCTITE UK 8103	–	–	–
	Белорусский цианакрилатный клей	–	–	–
	Белорусский эпоксидный клей	–	–	–
WB-1404 RARU-TOOL	DP 8805NS	–	–	–
	DP 8005NS	–	–	–
	Секунда 505	–	–	–
	LOCTITE UK 8103	–	–	–
	Белорусский цианакрилатный клей	–	–	–
	Белорусский эпоксидный клей	–	–	–

Примечание: (+) – наличие изменений в данной группе проводимых исследований; (–) – отсутствие изменений

Из таблицы видно, что качество клеевого шва напрямую зависит от плотности пластика. В образцах с наименьшей плотностью происходит незначительное вымывание клеевого шва адгезивов на акриловой основе (рис. 3 *а, б*). В то время как на пластиках с более высокой плотностью такой процесс не наблюдается (рис. 3, *в–д*).

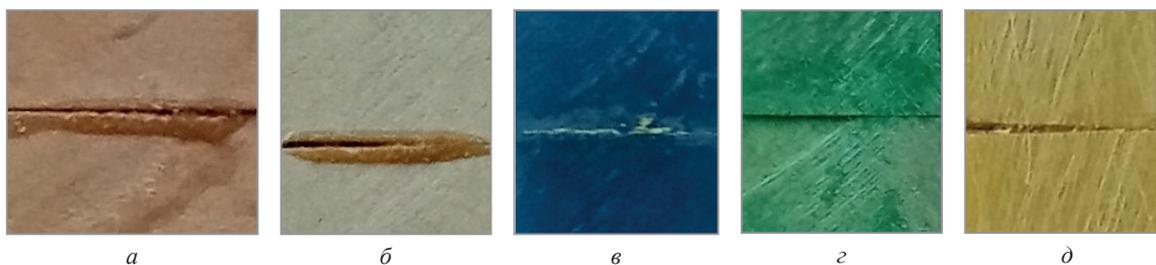


Рис. 3. Вид клеевого шва адгезива DP 8805NS на склеенных образцах модельных пластиков после выдержки в атмосферных условиях: *а* – модельный пластик PROLAB 65; *б* – модельный пластик PROLAB 75; *в* – модельный пластик LAB 850; *з* – модельный пластик LAB 920 GN; *д* – модельный пластик WB-1404RARU-TOOL

Исследование клеевых соединений в условиях контакта с формовочными смесями

Как правило, пластиковые модельные комплекты создаются методом 3D-фрезерования на основе плит толщиной 50 мм. Но отливки типа «Корпус» обычно имеют крупные габариты. Таким образом, чтобы удешевить выпуск готовой продукции целесообразно производить склеивание более дешевых плит, но имеющих небольшую толщину (рис. 4). Как следствие, представляет научный интерес получение данных износа пластиковых составляющих и клеевого шва в зависимости от количества съёмов.



Рис. 4. Склеенный пластиковый МК для автоматической формовочной линии

Для моделирования данного процесса были изготовлены образцы на основе модельных пластиков PROLAB 65; PROLAB 75; LAB 850; LAB 920 GN; WB-1404 RARU-TOOL, соединенные с помощью клеев на акриловой основе DP 8805NS, DP 8005NS, универсальным цианакрилатным суперклеем «Секунда 505», полиуретановым клеем LOCTITE UK 8103, а также белорусскими клеями фирмы ООО «Иннова Продактс» (торговая марка «NAVR») на цианакрилатной и эпоксидной основе. Размеры всех образцов – $30 \times 15 \times 15$ мм.

Для имитации работы склеенных модельных комплектов при формовочном производстве образцы были подвергнуты воздействию песчано-жидкостекольной смеси, песчано-смоляной смеси и крупнозернистого регенерата. Оценочными параметрами при этом являлись износ пластика и клеевого шва. Склеенные образцы были загружены в мельницу типа ШЛМ-10 вместе с одной из указанных выше формовочной смесью [4].

Частота вращения мельницы составляла 60 об/мин. При вращении барабана формовочный материал перемешивали и равномерно распределяли, обволакивая поверхность склеенных образцов.

Контрольные замеры проводили каждые 5 ч (рис. 5) исходя из расчетного времени 8 ч рабочей смены за вычетом перерывов на обед и обслуживание. В общей сложности цикл испытания составил заводскую рабочую неделю при 2-сменном рабочем дне на японском формовочном оборудовании. При этом необходимо учитывать, что производительность японских формовочных машин составляет 50 съемов в час [5], на отечественных машинах, обладающих более низкой производительностью, – 20–25 съемов в час [6], что эквивалентно 1 мес эксплуатации модельного комплекта при том же режиме.



Рис. 5. Закладка и выемка образцов на разных этапах эксперимента

В результате невозможности оценки процессов, происходящих внутри клеевого шва, была предложена методика определения износа образцов по следующим принципам:

- образцы изготавливаются с острыми углами и желательнее с выступающим клеевым швом с целью процентной оценки стачиваемости материала по острым кромкам и разрушения клеевого состава, выходящего за пределы образца;
- визуальная оценка клеевого шва;
- осмотр мест износа пластичных масс на наличие или отсутствие прилипания частиц формовочной смеси;
- осмотр поверхностного износа шва по сравнению с исходной поверхностью методом параллельности прямых на угольнике.

Осмотр и визуальное изучение образцов подтвердило, что модельные пластики не могут быть применены в условиях массового производства и они предпочтительнее для условий мелко- и среднесерийного производства. Это объясняется тем, что у большинства образцов в условиях абразивного износа получены заметные изменения в геометрических размерах (табл. 4).

При этом изменения происходили поступательно, в зависимости от плотности пластиков. Так, через 5 ч работы мельницы не было замечено никаких изменений, через 10 ч начались первые визуальные изменения, а именно стерлись острые уголки образцов. После 20 ч работы замечены более стертые уголки. После 24 ч проведения экспериментов стали заметны истирания образцов не только на уголках, но и на гранях. По окончании испытаний были проведены замеры образцов и сравнение с исходными данными (до начала эксперимента).

Таблица 4. Вид некоторых склеенных образцов после абразивного износа



Так, у пластиков плотностью 0,65 г/см³ изменения в размерах составили от 0,1 до 0,7 мм; плотностью 0,78 г/см³ – от 0,1 до 0,2 мм; плотностью 1,18 г/см³ – 0,1 мм. Пластики плотностью 1,3 и 1,4 г/см³ за проведенное время испытаний показали несущественные изменения размеров. При этом если у большинства пластиков наблюдались те или иные изменения, то с клеевыми швами наблюдалась противоположная картина. Независимо от типа клея, склеиваемых пластиков, применяемого абразивного материала клеевой шов не получил механических повреждений, а также не имел следов повышенного износа.

По результатам испытаний было выявлено, что абсолютно все используемые клеевые составы подходят для работы в условиях абразивного трения с применением химических связующих. Установлено, что образцы в местах клеевого шва не имеют тенденции к повышенному износу, выкрашиванию шва и т.д.

Исследование влияния на уплотняемость формовочной смеси качества модели, полученной из сплошного и склеенного пластика

Перспективным является исследование влияния уплотняемости формовочной смеси в зависимости как от плотности модельного пластика, так и от демпфирующих свойств материала. При этом можно допустить, что у МК, изготовленных из разных материалов (по плотности и демпфирующим способностям, а также в случае их соединения с помощью клеевых составов, обладающих различными параметрами), должна различаться твердость уплотняемой формовочной смеси. Для исследования была применена стандартная методика с помощью пробы Г.М. Орлова [7]. Для этого использовали металлический стакан диаметром 50 мм, в котором проводили уплотнение смеси с помощью ручного копра. Для

сравнения показателей твердости смеси в половине стакана смесь трамбовали по всей высоте пробы, во второй половине из-за наличия вкладыша высотой 30 мм и радиусом 25 мм, имитирующего наличие МК, трамбовку осуществляли на меньшую толщину формовочной смеси (рис. 6).

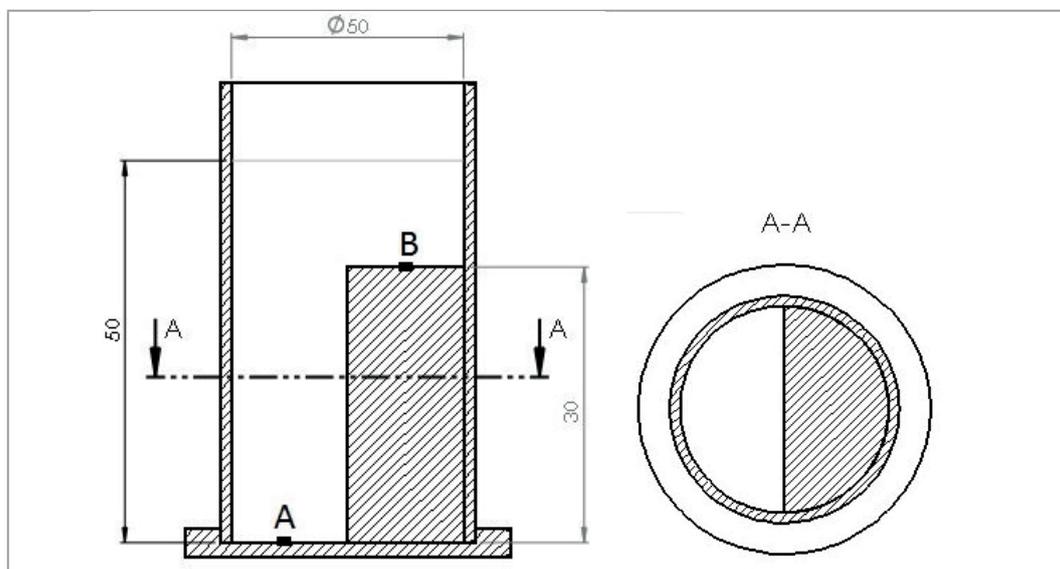


Рис. 6. Схема пробы Г.М. Орлова для определения текучести формовочной смеси

Для сравнения твердости смесей, полученных по стандартной методике с использованием стального вкладыша, были изготовлены сегменты из модельных пластиков различной твердости. При этом одна часть вкладышей была выполнена из цельного модельного пластика, а другая – из аналогичных модельных пластиков, но послойно склеенных с помощью хрупких клеев на цианакрилатной основе и твердых клеев на эпоксидной основе (изготовитель клеев белорусская компания ООО «Иннова Продактс» (торговая марка «NAVR») (рис. 7).

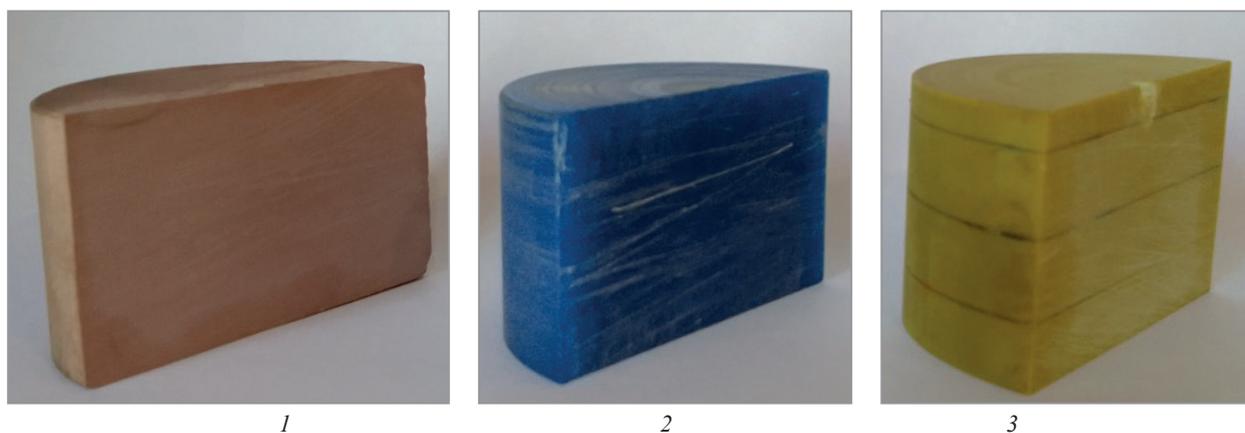


Рис. 7. Типы вкладышей, изготовленных из модельных пластиков (цельных и склеенных различными видами клеев):
1 – цельный модельный пластик PROLAB 65; 2 – модельный пластик LAB 850, склеенный клеем на цианакрилатной основе;
3 – модельный пластик WB-1404 RARU-TOOL, склеенный клеем на эпоксидной основе

Целью использования склеенных послойно вкладышей из модельных комплектов было решение показать возможность создания промышленных многослойных моделей с толщиной, превышающей толщину стандартных листов пластика для изготовления МК. В качестве формовочной смеси применяли песчано-глинистую смесь (ПГС), состоящую из 95 % кварцевого песка, 5 % глины с добавлением воды. Перед каждой закладкой в металлический стакан подготовленную смесь взвешивали на весах (115 г).

Проведены испытания с использованием вкладышей из стали, цельных и склеенных модельных пластиков (рис. 8). При этом проведены замеры твердости смеси в точках А и В (см. рис. 6) в каждом из исследуемых случаев (табл. 5).

В таблице не приведена твердость смеси в точке А (без вкладыша), так как по результатам проведенных экспериментов она оказалась постоянной (32 ед.).

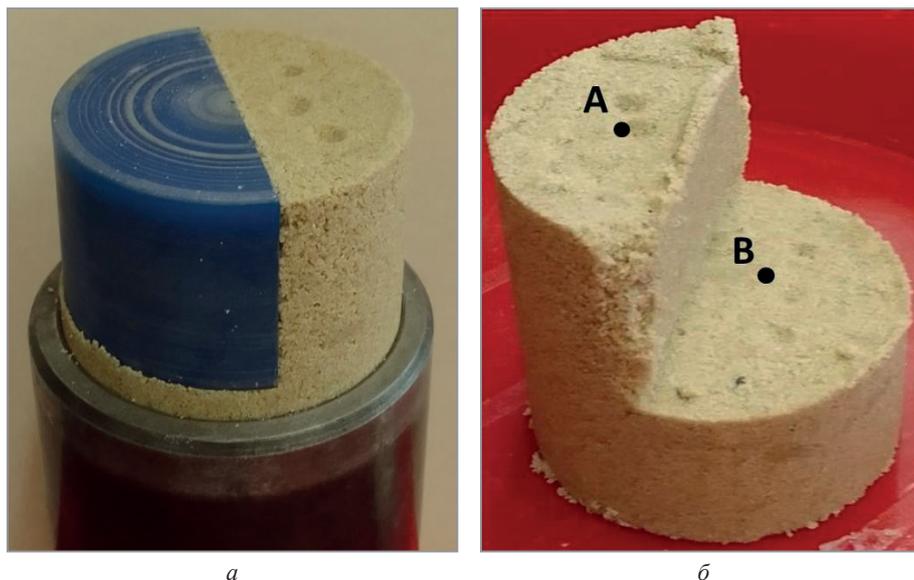


Рис. 8. Испытываемые образцы: *а* – уплотненная смесь со склеенной вставкой в пробе Г.М. Орлова; *б* – уплотненная смесь, извлеченная из пробы Г.М. Орлова

Таблица 5. Твердость формовочной смеси в точке *В*, запрессованной с различными типами вкладышей

Материал вкладыша	Плотность материала вкладыша, г/см ³	Тип вкладыша	Твердость смеси в точке <i>В</i>	Текучесть, %
Стальной	7,85	Цельный	79	40,5
Пластики модельные				
PROLAB 65	0,65	Цельный	79	40,5
LAB 850	1,18	Цельный	79	40,5
LAB 850	1,18	Склеен клеем на эпоксидной основе	80	40
LAB 850	1,18	Склеен клеем на цианакрилатной основе	80	40
LAB 920 GN		Цельный	80	40
WB-1404 RARU-TOOL	1,4	Цельный	79	40,5
WB-1404 RARU-TOOL	1,4	Склеен клеем на эпоксидной основе	80	40
WB-1404 RARU-TOOL	1,4	Склеен клеем на цианакрилатной основе	80	40

Выводы

1. При испытании элементов МК и склеенных модельных пластиков на атмосферную стойкость в течение одного года было установлено, что основные свойства клеевого шва (растрескивание, вымывание, образование зазоров, изменение окраски) не проявляются. При этом его качество напрямую зависит от плотности пластика и в более плотных пластиках наблюдается меньше повреждений.

2. При оценке взаимодействия клеевого шва с формовочными смесями было выявлено, что абсолютно все используемые клеевые составы подходят для работы в условиях абразивного трения с применением химических связующих. Установлено, что образцы в местах клеевого шва не имеют тенденции к повышенному износу и выкрашиванию шва.

3. Установлено, что твердость уплотненной смеси и ее текучесть по пробе Г.М. Орлова зависят от типа клея в большей степени, чем от типа пластика. Так, вкладыши, изготовленные из модельных пластиков LAB 850 и WB-1404 RARU-TOOL, склеенные клеем на эпоксидной основе, показали твердость смеси 80 ед., что не уступает твердости смеси при применении аналогичных вкладышей, склеенных клеем на цианакрилатной основе. Это подтверждается также приблизительно равной твердостью у цельных материалов независимо от плотности материала, из которых они изготовлены. У вкладыша из стали плотность составляет 7,85 г/см³, у моделей пластиков PROLAB 65 – 0,65 г/см³; PROLAB 75 – 0,78; LAB 850 – 1,18; LAB 920 GN – 1,3; WB-1404 RARU-TOOL – 1,4 г/см³.

ЛИТЕРАТУРА

1. ScienceDirect: Elsevier's premier platform of peer-reviewed scholarly literature [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elsevier.com/products/sciencedirect/>. – Дата доступа: 19.03.2024.
2. **Калиниченко, М.Л.** Технология склеивания: теория, практика, материалы / М.Л. Калиниченко, Л.П. Долгий, В.А. Калиниченко. – Минск: БНТУ, 2021. – 187 с.
3. **Калиниченко, М.Л.** Оценка прочностных свойств клеевых соединений, используемых при создании пластиковых модельных комплектов / М.Л. Калиниченко, Б.М. Немененок // Литье и металлургия. – 2022. – № 4. – С. 115–122.
4. **Калиниченко, М.Л.** Методика испытаний перспективных узлов модельных комплектов для нужд АПК / М.Л. Калиниченко // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы X Междунар. науч.-техн. конф., Саратов, 16–17 мая 2023 г. – Саратов: Армит, 2023. – С. 552–557.
5. Hi-Cast-Co-Ltd [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://partnora.com/en/company/55c4be61bddd4100a05fba23/Hi-Cast-Co-Ltd>. – Дата доступа: 20.04.2023.
6. ООО «Завод АКС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aksspb.com/>. – Дата доступа: 20.04.2023.
7. ГОСТ 23409.17-78. Смеси формовочные. Метод определения текучести при статическом уплотнении. – Введ. 01.07.1988. – М.: Гос. стандарт Союза ССР: ИПК Изд-во стандартов, 1988. – 4 с.

REFERENCES

1. ScienceDirect: Elsevier's premier platform of peer-reviewed scholarly literature [Electronic resource]. Available at: <https://www.elsevier.com/products/sciencedirect/>. (access date 19.03.2024).
2. **Kalinichenko M. L., Dolgiy L. P., Kalinichenko V. A.** *Tehnologija skleivaniya: teorija, praktika, materialy* [Bonding technology: theory, practice, materials]. Minsk, BNTU Publ., 2021, 187 p.
3. **Kalinichenko M. L., Nemenenok B. M.** Ocenka prochnostnyh svojstv kleevykh soedinenij, ispol'zuemykh pri sozdanii plastikovykh model'nyh komplektov [Evaluation of the strength properties of adhesive joints used to the creation of plastic model sets]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2022, no. 4, pp. 115–122.
4. **Kalinichenko M. L.** Metodika ispytaniy perspektivnyh uzlov model'nyh komplektov dlya nuzhd APK [Methodology for testing promising units of model kits for the needs of the agro-industrial complex]. *Innovacii v prirodoobustrojstve i zashchite v chrezvychajnyh situacijah: materialy X mezhdun. nauch.-tekhn. konf., Saratov, 16–17 maya 2023 g. = Innovations in environmental management and protection in emergency situations: materials of the X international scientific and technical. conf., Saratov, May 16–17, 2023*. Saratov, Armit Publ., 2023, pp. 552–557.
5. Hi-Cast-Co-Ltd [Electronic resource]. Available at: <https://partnora.com/en/company/55c4be61bddd4100a05fba23/Hi-Cast-Co-Ltd> (access date 20.04.2023).
6. Zavod AKS [Electronic resource]. Available at: <https://www.aksspb.com> (access date 20.04.2023).
7. GOST 23409.17–78. Molding mixtures. Method for determining fluidity during static compaction. 01.07.1988. Moscow, State Standard of the USSR, IPK Publishing House of Standards, 1988, 4 p.