



УДК 669.53.01.99; 621.88
DOI: 10.21122/1683-6065-2018-92-3-125-130

Поступила 05.07.2018
Received 05.07.2018

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ ДЛЯ ЛИТЬЯ

*М. Л. КАЛИНИЧЕНКО, Л. П. ДОЛГИЙ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: kvlad@bntu.by,
С. Л. РОВИН, УП «ТЕХНОЛИТ», г. Минск, Беларусь, ул. Я. Коласа, 24. E-mail: technolit@tut.by,
В. А. КУКАРЕКО, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, ул. Академическая, 12,
В. А. КАЛИНИЧЕНКО, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65.*

Приведены данные по созданию модельных комплектов стержневой оснастки для изготовления форм и стержней из холоднотвердеющих песочно-глинистых смесей при индивидуальном, серийном и массовом производстве отливок из сплавов черных и цветных металлов. Проведен анализ составляющих их материалов и исследован ряд механических свойств связующих компонентов для их крепления. Выполнен анализ адгезивных составов ведущих мировых производителей, применяемых для изготовления высокопрочных модельных комплектов методами 3D-фрезерования.

Ключевые слова. Модельная оснастка, адгезивы, механические испытания на сдвиг, компьютерное имитационное моделирование.

Для цитирования. Калиниченко, М. Л. Современные способы создания модельных комплектов для литья/М. Л. Калиниченко, Л. П. Долгий, С. Л. Ровин, В. А. Кукареко, В. А. Калиниченко// Литье и металлургия. 2018. Т. 92. № 3. С. 125–130. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-92-3-125-130.

MODERN METHODS OF CREATING CASTING MODEL KITS

*M. L. KALINICHENKO, L. P. DOLGIY, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosty ave. E-mail: kvlad@bntu.by,
S. L. ROVIN, «TECHNOLIT» Co, Minsk, Belarus, 24, Kolasa str. E-mail: technolit@tut.by,
V. A. KUKAREKO, The Joint Institute of Mechanical Engineering of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, 12, Akademicheskaya str.,
U. A. KALINICHENKO, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosty ave.*

The article presents some information about creation of model kits and core equipment for the manufacture of molds and rods of cold-hardening sand-clay mixtures in the individual, serial and mass production of castings of ferrous and non-ferrous metals. There was analyzed their constituent materials and investigated a number of mechanical properties of the binding components for their attachment. Was shown the analysis of adhesive compositions of the world's leading manufacturers, used for the manufacture of high-strength model sets by 3D milling methods.

Keywords. Model kits, adhesives, mechanical shear tests, computer simulation.

For citation. Kalinichenko M. L., Dolgiy L. P., Rovin S. L., Kukareko V. A., Kalinichenko U. A. Modern Methods of Creating Casting Model Kits. Foundry production and metallurgy, 2018, vol. 92, no. 3, pp. 125–130. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-92-3-125-130.

В настоящее время существует проблема снижения стоимости и трудоемкости, а также повышения оперативности изготовления модельной оснастки в литейном производстве. Для решения этой задачи используются методы создания модельных комплектов на основе полимерных материалов и пластиков, которые изготавливаются методом 3D-фрезерования с последующим соединением и креплением на основу (подмодельные плиты) с помощью клеевых адгезивных соединений. При изготовлении опытных образцов (до 10 шт.) требования к модельным комплектам не являются особенно жесткими, так как возможные дефекты и нестыковки полученных отливок устраняются способами механической обработки.

Однако при изготовлении установочных партий, где число серийных отливок превышает более 20, механическая обработка приводит к дополнительному увеличению стоимости продукции. Соответственно необходимо увеличение срока службы и точности модельного комплекта, что достигается путем повышения точности обработки детали комплекта и способов его крепления.

Существует большое количество пластических масс различных производителей для создания моделей, приспособленных под конкретные задачи: условия эксплуатации, серийность изделий и т. д. Для наших исследований были выбраны модельные пластики, доступные на рынке Республики Беларусь и получившие широкое распространение в отечественном литейном производстве: PROLAB 65 (Axson); PROLAB 75 (Axson); LAB 850 (Axson); WB-1404 RARU-TOOL (Rampf); Obo-werke 1000 (Obomodulan), предоставленные УП «Технолит» (табл. 1). Все эти пластики имеют приблизительно одинаковую температуру стеклования, но различную плотность, твердость и, как следствие, разные показатели прочности на сжатие и изгиб.

Таблица 1. Технические характеристики модельных обрабатываемых плит

Материал	Описание	Цвет	Применение	Плотность, г/см ³	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на изгиб, МПа
PROLAB 65 (Axson)	Непористый материал, отличная размерная стабильность. Окрашивается. Обработка вручную или на станках инструментами для обработки дерева или алюминия	Красный	Мастер-модели и прототипы, фрезерованные или вырезанные вручную	0,65	28	34
PROLAB 75 (Axson)	Низкая плотность. Окрашивается. Отличная размерная стабильность	Серый	Оснастка для металлургии. Контрольные приспособления (ложементы) для неабразивных материалов. Мастер-модели для композитных форм под ручную выкладку или формование вакуумным мешком	0,78	54	43
LAB 850 (Axson)	Высокая ударпрочность, износостойкость. Простая ЧПУ-обработка, хорошая поверхность после обработки. Прочные кромки во время обработки	Синий	Литейная абразивостойкая оснастка, стержневые ящики и другая оснастка для обработки на станках с ЧПУ	1,18	41	57
WB-1404 RAKU-TOOL (Rampf)	Плотная структура поверхности, очень легко обрабатывается, хорошая стабильность размеров, хорошая устойчивость к истиранию, может подвергаться полировке	Оливковый	Негативы и выпуклые модели; модельные плиты для литья; модели, формы и модельная оснастка; пуансоны и матрицы для холодной штамповки. Дает возможность заменить алюминий в серийном производстве литейных форм и стержней	1,4	85–95	80–90
Obowerke 1000 (Obomodulan)	Однородная и гладкая поверхность, равномерная и мелкая структура вспенивания, высокая прочность края, минимальный коэффициент теплового расширения, простота обработки и низкое пылеобразование, физиологически нейтрален, без запаха	Кремовый	Дизайн-модели, архитектурные и рабочие модели, модели для испытаний, литейные модели, копии, шаблоны, оснастка для ламинирования, пресс-формы, штампы	0,95	52	55

Для крепления этих пластических масс как друг с другом, так и с иными типами материалов, например, с МДФ, металлом, существует широкий спектр адгезивных связующих, разработанных как непосредственно для работы с материалом-партнером, так и универсальных, созданных для оптимизации изготовления сложных модельных комплектов (рис. 1). Для оценки надежности соединения различных материалов и монтажа моделей были выбраны двухкомпонентные адгезивы DP 8005 (3M), EPOLAM 2002 (Axson), UR 3569 (Axson), Prolab Glue (Axson), EP-2306 (Rampf), технические характеристики которых приведены в табл. 2.

При этом только DP 8005 является адгезивом на акриловой основе, все остальные представляют собой различные модификации на основе полиуретановой или эпоксидной смолы.

Были подготовлены образцы в форме цилиндров из различных видов модельного пластика с одинаковыми размерами и склеены адгезивными составами, приведенными в табл. 2. При этом исходили из

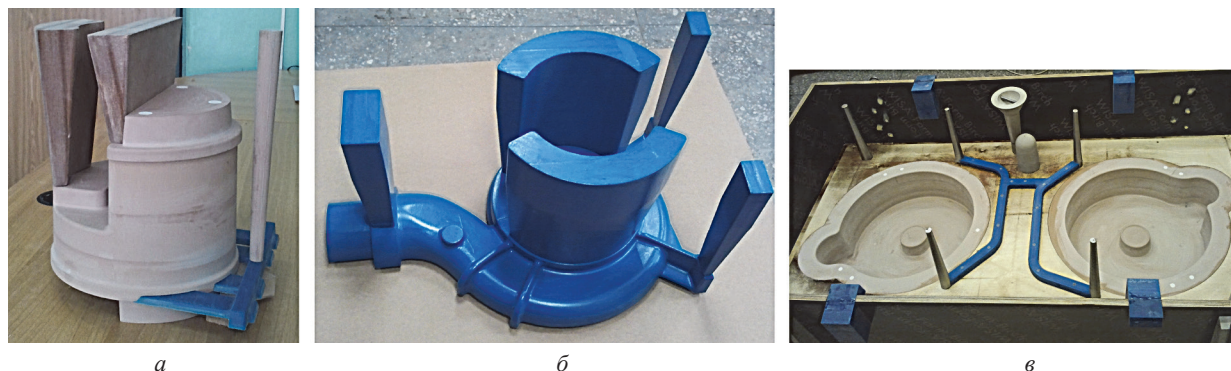


Рис. 1. Примеры исполнения модельной оснастки: а – модель корпуса с литниковой системой (МДФ и пластики PROLAB 65 и LAB 850); б – модель корпуса насоса (пластик LAB 850); в – модельная оснастка (МДФ и пластики PROLAB 75 и LAB 850)

Таблица 2. Технические характеристики адгезивов

Адгезивы	DP 8005NS		EPOLAM 2002 (Axson)		UR 3569 (Axson)		PROLAB GLUE (Axson)		EP-2306 (Rampf)	
	Основа (Б)	Отвердитель (А)	Основа (Б)	Отвердитель (А)	Основа (Б)	Отвердитель (А)	Основа (Б)	Отвердитель (А)	Основа (Б)	Отвердитель (А)
Тип	акриловый		эпоксидная смола		полиуретановая смола		полиуретановая смола		эпоксидная смола	
Плотность, г/см ³	нет данных		1,14	0,99	1,05	1,03	1,60	0,68	0,77	1,00
Вязкость	17 000–30 000	35 000–55 000	1,700	60	7500	190	нет данных	нет данных	паста	90–130
Цвет	оранжевый	белый	прозрачный	прозрачный	бледно-желтый	бесцветный	коричневый	бежевый	коричневый	прозрачный
Время жизни, мин	2,5- 3		45		20		14		н. д.	
Полная полимеризация, ч	8–24		24		24		5		0,4	
Соотношение компонентов	По массе 9,16Б: 1А		По массе 100Б: 12А		По массе 100Б: 40А		По массе 100Б: 50А		По массе 100Б: 30А	
	По объему 10Б: 1А		По объему 100Б: 14А		По объему 100Б: 39А		Нет данных		Нет данных	
Срок хранения	18 месяцев с даты производства при хранении в заводской упаковке при температуре 4 °С. Не замораживать		24 месяца от даты производства		12 месяцев с даты производства при хранении в заводской упаковке при температуре от 15 до 25 °С		12 месяцев с даты производства при хранении в заводской упаковке при температуре от 15 до 25 °С		12 месяцев с даты производства при хранении в заводской упаковке при температуре от 15 до 30 °С	
Прочность на изгиб, МПа	Нет данных		90		Нет данных		Нет данных		30–35	
Прочность на растяжение, МПа	Нет данных		60		30		Нет данных		Нет данных	
Температура стеклования, °С	Нет данных		65		105		Нет данных		60–65	
Область применения	Склеивает все виды пластиков, стекло, медь, нержавеющую сталь, гальванические покрытия		Для склеивания инструментов, негативов, отливок		Полиуретановая литейная смола для поверхностей, предназначенная для литейной оснастки (модели, стержневые ящики) или алюминиевых пресс-форм		Ремонт и соединение модельных плит		Клей для склеивания модельных плит	

того, что адгезивы Prolab Glue и EP-2306 предпочтительнее использовать на модельных плитах с пористой структурой типа PROLAB 65, адгезив UR-3569 предназначен специально для LAB 850, а EPOLAM 2002 и DP 8005 могут использоваться как универсальные.

Подготовку поверхности к склеиванию проводили по стандартной методике, описанной в [1].

На следующем этапе были проведены механические испытания на сдвиг, имитирующие воздействие формовочной смеси на модельные комплекты. Испытания образцов на сдвиг проводили на базе сертифици-

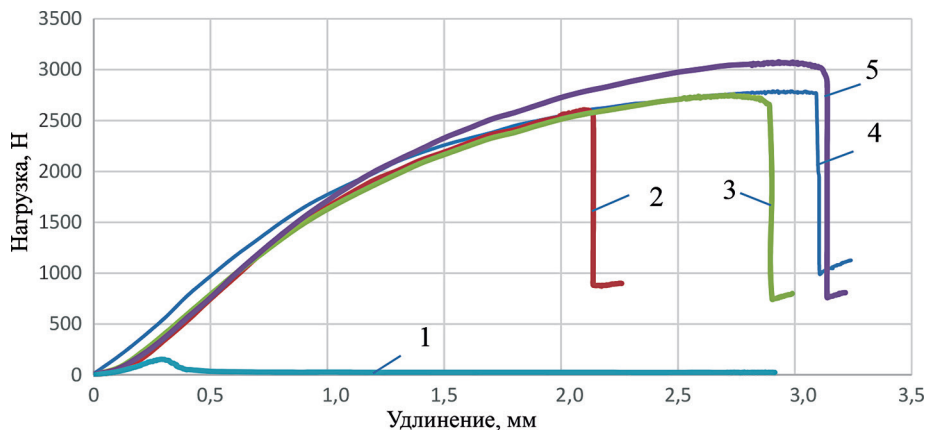


Рис. 2. Испытания на сдвиг с подложкой из плиты PROLAB-65: 1 – пластик, склеенный PROLAB GLUE; 2 – пластик, склеенный DP 8005; 3 – пластик, склеенный EPO-LAM 2002; 4 – исходный модельный пластик (PROLAB-65); 5 – пластик, склеенный EP-2306

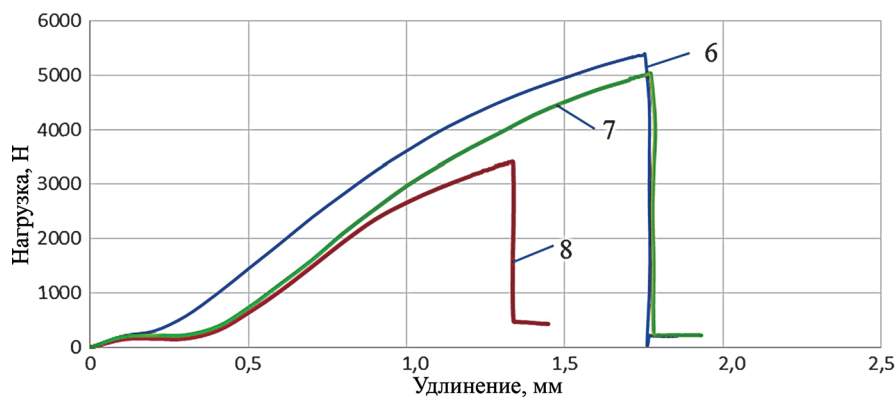


Рис. 3. Испытания на сдвиг с подложкой из плиты PROLAB-75: 6 – исходный модельный пластик (PRPLAB-75); 7 – пластик, склеенный EPO-LAM 2002; 8 – пластик, склеенный DP 8005

фицированного центра структурных исследований и трибомеханических испытаний материалов и изделий машиностроения ОИМ НАН Беларуси (ЦКП – ЦСИМИ ОИМ НАН Беларуси) с помощью разрывной машины Instron 300LX, с использованием специально подготовленной для испытаний на сдвиг оснастки (согласно ГОСТ 14759-69 Клеи. Метод определения прочности при сдвиге). Данные обрабатывали по программе Bluehill 2 (Великобритания).

Исходный образец – модельный пластик PROLAB 65, выдерживает нагрузку в 2790 Н при удлинении 2,93 мм. Адгезив EP-2306 обеспечивает наилучший результат, даже превышающий прочность самого пластика – 3077 Н при аналогичном удлинении, чуть ниже прочность при соединении с помощью EPO-LAM 2002–2752 Н и DP 8005–2606 Н при удлинении 2,09 мм. Худший результат из исследуемых материалов имеет PROLAB GLUE: 153 Н при удлинении 0,29 мм (рис. 2). Соединение, полученное с использованием DP 8005, EPO-LAM 2002, PROLAB GLUE, можно охарактеризовать как когезионный тип соединения, а склеенное соединение с помощью EP-2306 – как совмещающий разрыв по клею и самому материалу подложки.

Исходный образец – модельный пластик PROLAB 75, выдерживает нагрузку в 5390 Н при удлинении 1,75 мм. Наилучший результат продемонстрировал адгезив EPO-LAM 2002–5029 Н при практически аналогичном удлинении 1,77 мм, что не уступает результатам испытания исходного образца. Адгезив DP 8005 имеет более низкий результат – 3401 Н при удлинении 1,34 мм (рис. 3). При этом все склеенные образцы показали когезионный тип соединения.

Исходный образец – модельный пластик LAB 850, выдерживает нагрузку в 5136 Н при удлинении 6,17 мм. Адгезив EPO-LAM 2002 показывает наилучший результат даже по сравнению с исходным образцом – 5346 Н, однако при некоторой потере пластичности, при удлинении 4,71 мм, что практически совпадает с результатом исходного образца. Адгезив DP 8005 показал более низкий результат – 3760 Н при удлинении 1,34 мм, адгезив UR 3569–3025 Н при удлинении 1,10 мм (рис. 4). Соединение, полученное с использованием DP 8005, UR 3569, можно охарактеризовать как когезионный тип соединения, а склеенное соединение с помощью EPO-LAM 2002 – как совмещающий разрыв по клею и самому материалу подложки.

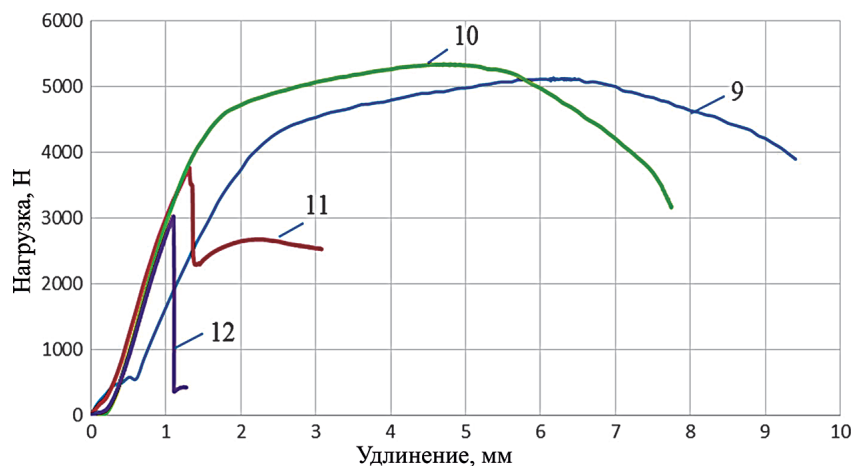


Рис. 4. Испытания на сдвиг с подложкой из плиты LAB-850: 9 – исходный модельный пластик (LAB-850); 10 – пластик, склеенный EPO-LAM 2002; 11 – пластик, склеенный DP 8005; 12 – пластик, склеенный UR 3569

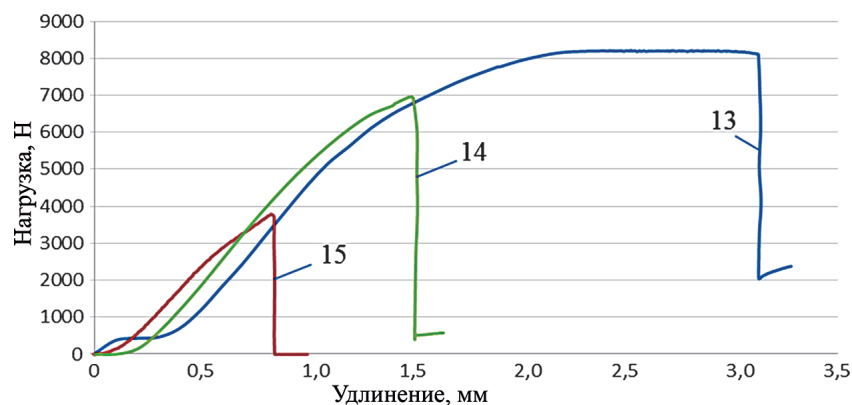


Рис. 5. Испытания на сдвиг с подложкой из плиты WB-1404 RAKU-TOOL: 13 – исходный модельный пластик (WB-1404 RAKU-TOOL); 14 – пластик, склеенный EPO-LAM 2002; 15 – пластик, склеенный DP 8005

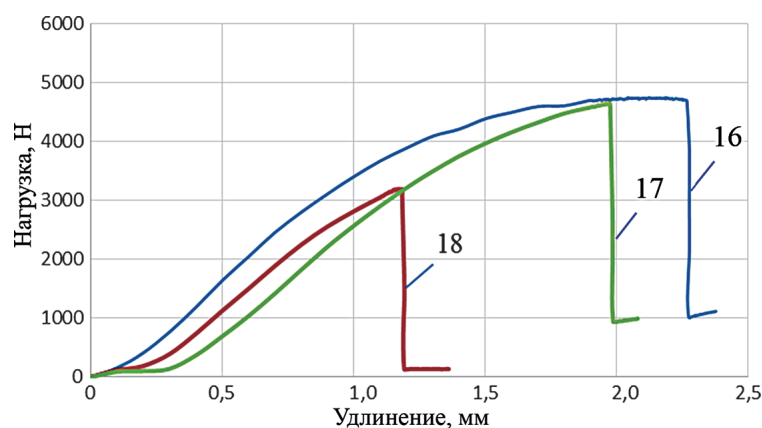


Рис. 6. Испытания на сдвиг с подложкой из плиты Obo-werke 1000: 16 – исходный модельный пластик (Obo-werke 1000); 17 – пластик, склеенный EPO-LAM 2002; 18 – пластик, склеенный DP 8005

Исходный образец – модельный пластик WB-1404 RAKU-TOOL, выдерживает нагрузку в 8221,12 Н при удлинении 2,53 мм. При этом адгезив EPO-LAM 2002–6964 Н при удовлетворительном удлинении 1,50 мм, что незначительно уступает по прочности исходному образцу. Адгезив DP 8005 имеет более низкий, но удовлетворительный результат – 3787 Н при удлинении 0,83 мм (рис. 5). При этом все склеенные образцы показали когезионный тип соединения.

Исходный образец – модельный пластик Obo-werke 1000, выдерживает нагрузку в 4750 Н при удлинении 2,04 мм. При этом адгезив EPO-LAM 2002 обеспечивает практически такую же прочность – 4650 Н при удлинении 1,97 мм. Адгезив DP 8005 имеет результат – 3199 Н при удлинении 1,17 мм (рис. 6). При этом все склеенные образцы показали когезионный тип соединения.

Выводы

Проведен анализ клеевых составов, применяемых для создания модельных комплектов, и выполнены механические испытания клеевых соединений на сдвиг. Выявлено, что адгезив EPOLAM 2002 обеспечивает стабильно высокие результаты при испытаниях, близкие к показателям исходного пластика, в том числе по значению удельного удлинения, а в некоторых случаях даже превышает их, например, при склейке пластика LAB 850. При этом необходимо при работе с данным адгезивом строго соблюдать рекомендуемые производителем параметры, чтобы в дальнейшем избежать возникновения буртиков в местах склеивания.

Адгезив DP 8005 показал стабильный результат на всех видах пластика. Необходимо отметить, что это единственный акриловый адгезив из всех испытываемых, который имеет меньшую пластичность, чем EPOLAM 2002, и рекомендуется, в первую очередь, для материалов со слабой адгезией, например, таких, как полиэтилен.

Для модельных пластиков типа PROLAB-65 (с повышенной пористой структурой) наилучший результат показал адгезив EP-2306, однако и другие адгезивы показывают практически схожие результаты, за исключением PROLAB GLUE, который не приемлем для склеивания полиуретанов, но подходит для заделывания щелей, неровностей и отверстий.

Было установлено, что все исследуемые адгезивы при нагрузках, испытываемых моделью при формовке, имеют практически сходные характеристики с материалом модельного комплекта независимо от производителя и состава клея (исключение PROLAB GLUE).

Следовательно, выбор адгезива зависит от условий эксплуатации модельного комплекта и серийности изготавливаемых отливок, а также и других факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильнав Ж. Ж. Клеевые соединения. М.: Техносфера, 2007. 385 с.

REFERENCES

1. Villenave J. J. *Kleevye soedineniya* [Glued joint]. Moscow, Technosphere Publ., 2007. 385 p.