

USING THE FUSIBLE ADDITIVES IN THE BINDER TO IMPROVE THE STRENGTH PROPERTIES OF THE NON-WOVEN BACKING COMPOSITES

M.Yu. Treshchalin¹, Doctor of Technical Sciences,
Full Professor

Yu.M. Treshchalin², Candidate of Technical Sciences, Engineer
Moscow State University named after M. Lomonosov, Russia¹
Moscow State Technological University «STANKIN», Russia²

The article is related to the possibility of improving the interaction of the fibrous structure of the nonwoven substrate and polymerized binder in the course of the manufacturing composite materials by insertion of low-melting substances in the binders.

Keywords: composite, non-woven backing, fusible substances, additives, binder, fibre.

Conference participant,
National championship in scientific analytics,
Open European and Asian research analytics championship

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕГКОПЛАВКИХ ДОБАВОК В СВЯЗУЮЩЕЕ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА НЕТКАНОЙ ОСНОВЕ


Трещалин М.Ю.¹, д-р техн. наук, профессор
Трещалин Ю.М.², канд. техн. наук, инженер
Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Россия¹

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Россия²

В статье рассматривается возможность улучшения взаимодействия волокнистого состава нетканой основы и полимеризованного связующего в процессе изготовления композиционных материалов за счет введения в состав связующего легкоплавких веществ.

Ключевые слова: композит, нетканая основа, легкоплавкие вещества, добавки, связующее, волокна.

Участник конференции,
Национального первенства по научной аналитике,
Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsca.v0i10.1506>

При изготовлении композиционных материалов экспериментальным путем было установлено, что в процессе полимеризации происходит повышение температуры связующего, достигающей 80-120 °С в зависимости от толщины нетканой основы.

Учитывая, что выделяющаяся энергия является следствием химической реакции, происходящей при взаимодействии компонентов связующего, и не требует дополнительных затрат на изготовление композита, представляется целесообразным использовать эту энергию для спекания или расплава веществ, имеющих температуру плавления или размягчения порядка 100°С, дополнительно введенных на стадии приготовления связующего с целью усиления адгезии и, как следствие, увеличения прочностных характеристик композиционного материала. Предполагаемая дополнительная прочность должна возникнуть вследствие фазового перехода или спекания частиц дополнительных веществ.

Таким образом, цель исследования

заключается в качественном и количественном изменении состава компонентов связующего за счет введения в его состав легкоплавких веществ для повышения прочностных свойств композиционных материалов на основе нетканых синтетических полотен.

Выбор добавок в связующее производился исходя из следующих условий:

- применяются вещества, не используемые по своему прямому назначению для достижения упрочняющего эффекта;

- частицы вещества должны иметь минимальные размеры и находиться в твердом агрегатном состоянии при нормальных физических условиях;

- иметь температуру размягчения (плавления) в интервале 50-120 °С.

В качестве таких веществ были выбраны: тонер черного и синего цветов, применяемый в лазерных принтерах, алюминиевая пудра и черная пористая резина в виде частиц, полученных при ее обработке наждачной бумагой. Размеры частиц даны в табл. 1.

Тонер представляет собой красящий порошок, обладающий особыми свойствами и применяемый для создания изображения в некоторых способах цифровой и лазерной печати. Он состоит из микроскопических гранул, которые имеют ядро, полимерную оболочку и различных добавки. Средний размер гранул составляет от 5 до 30 микрон [1]. Ядро изготавливается из парафина, который при нагревании плавится. Полимерная оболочка связывает в единое целое частицы тонера. В настоящее время при производстве тонера используют полиэстер и стирен-акриловые полимеры. В состав тонера включаются: частицы окиси железа (магнетита), которые обеспечивают его магнитные свойства; модификаторы (полипропилен, полиэтилен, воск или другие добавки), способствующие поддержанию необходимой температуры размягчения тонера.

Алюминиевая пудра (выпускается двух марок: **ПАП-1** и **ПАП-2**) – порошок слоистой структуры [2]. Насыпная плотность пудры равняется приблизительно 0.15-0.30 г/см³, содержание активного алюминия составляет 85-93%. Лепестки (чешуйки) частиц в пудрах алюминия имеют среднюю толщину 0,25-0,50 мкм, а средний размер этих чешуек составляет приблизи-

Размеры частиц применяемых добавок в связующее.

Вещество	Размер частиц, мкм
Тонер (синий)	5 - 30
Тонер (черный)	5 - 30
Алюминиевая пудра	20-30
Черная пористая резина	20-50

Табл. 1.

тельно 20-30 мкм. В алюминиевой пудре присутствуют примеси, массовые доли которых составляют: железа до 0,22-0,5, кремния до 0,16-0,4, меди до 0,02-0,05, марганца до 0,007-0,01 [2]. Осмотр пудры при помощи микроскопа позволяет наблюдать наличие комков, состоящих из сваренных между собой частиц, образующихся в процессе размола.

Пористая резина (пенорезина, мягкая резина, губчатая резина, пористая техпластина, ячеистая резина) представляет собой эластичный ма-

Табл. 2.

Композиционный материал с включениями микрочастиц резины.

Добавка	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Объем, м ³	Объемная плотность, кг/м ³	Прочность при разрыве, даН	Относительное удлинение при разрыве, %	Изменение прочности за счет добавок, %	Масса добавки, г
Резина	56,855	201,8	49,83	4,6	0,00004626	1228,847	700	44	45,23	2,42

Табл. 3.

Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц резины.

Образец	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Объем, м ³	Плотность, кг/м ³
Резина	0,4915	14,9	12,2	3,9	0,0000000909	5407,636

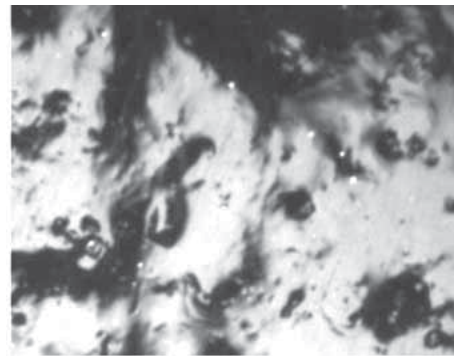
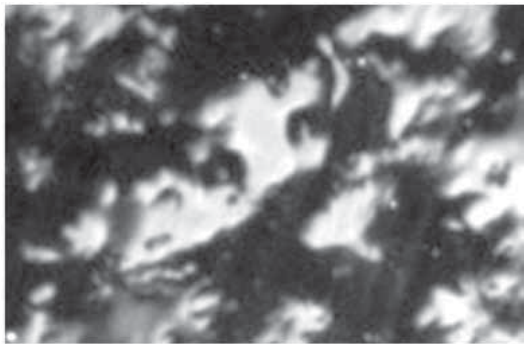


Рис. 1. Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц резины

Табл. 4.

Композиционный материал с включениями микрочастиц тонера.

Добавка	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Объем, м ³	Объемная плотность, кг/м ³	Прочность при разрыве, даН	Относительное удлинение при разрыве, %	Изменение прочности за счет добавок, %	Масса добавки, г
Тонер (черный)	49,035	199,7	49,6	4,03	0,0000399	1227,594	510	31	5,81	2,7

териал, который подразделяется на несколько типов, в зависимости от основы (каучуки EPDM, SBR, NBR, CR – полихлоропрен) и пор [3].

Производство пористой резины заключается в пластикации каучука и добавлении в него всех ингредиентов входящих в рецепт. Температурный

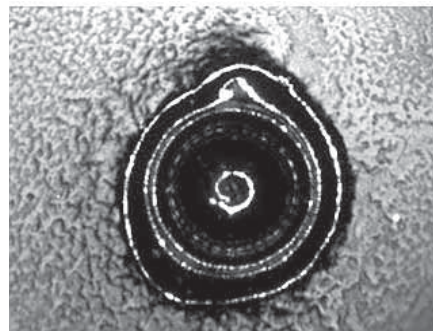
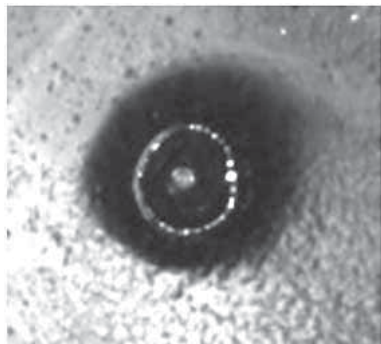
интервал эксплуатации резиновых пористых пластин: от -45 до +75°C. Размер пор изменяется от 0,4 мкм и выше. Объем пор, в зависимости от вида резины, может варьироваться от 20 до 80%. Пористые резины могут использоваться в достаточно жестких средах и условиях: кислота, щелочь,

высокие и низкие температуры, масло, бензин, растворители, вода, озон, УФ.

Из приведенного описания веществ следует, что температура полимеризации, превышающая, как правило, 80 °С, должна оказывать влияние на структуру и свойства частиц тонера и резины. Поэтому первоначально все перечисленные добавки были испытаны на предмет спекания. Для этого частицы помещались между двумя металлическими (стальными) пластинами. Пластины плотно прижимались между собой при помощи груза, после чего к нижней пластине подводилось тепло в течение 3-5 минут. В результате было установлено, что спекание между собой и пластинами произошло у частиц всех испытуемых веществ. Таким образом, можно предположить наличие дополнительного упрочняющего эффекта при введении в связующее указанных добавок.

Табл. 5.
Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц тонера.

Образец	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Объем, м ³	Плотность, кг/м ³
Тонер (синий)	10,3685	49,6	43,6	4,06	0,000008800	1178,196
Тонер (черный)	4,2442	30,2	28,33	4,3	0,000003675	1154,788


Рис. 2. Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц тонера.

В связи с тем, что частицы добавленных веществ вносят изменения в структуру традиционного композита, состоящего из полимеризованного связующего и волокнистой основы, представляется целесообразным провести исследование расположения и взаимодействия микрочастиц, как отдельно со связующим, так и в композиционном материале. Изучение образцов проводилось визуально, при помощи мультисенсорной координатной измерительной машины для высокоточных измерений в условиях цеха марки Werth SCOPE-CHECK.

Описание результатов исследований представлены ниже.

Композиционный материал с включениями микрочастиц резины. Характеристики образца представлены в табл. 2.

Частицы резины находятся в толще нетканой основы, но не равномерно расположены в объеме композиционного материала. При этом структура волокнистой основы и отдельные мононити видимых нарушений не претерпевают. Наиболее крупные частицы резины, находящиеся ближе к поверхности образца, имеют вокруг себя вспученность связующего.

В целом структура композита однородная, трещины и пузырьки воздуха не наблюдаются.

Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц резины. Характеристики образца представлены в табл. 3.

Матрица, состоящая из связующего и частиц резины представляет собой достаточно однородную массу. Видимых механических повреждений нет, трещинообразование отсутствует. Заметны отдельные конгломераты, образованные частицами резины (рис. 1).

По периметру частицы полностью обволакиваются связующим. На поверхности контакта не наблюдается каких-либо дефектов или наличия пузырьков воздуха. Имеет место некоторая вспученность связующего вокруг частицы. Учитывая высокую пористость резины (именно по этому критерию и подобран вид резины), следует предположить, что вследствие температурного расширения связующего при полимеризации, происходит его проникновение в поры поверхностного слоя частицы. Тем самым образуется пограничный слой, способствующий усилению адгезионных связей частицы резины и полимерного связующего. Это позволяет судить о том, что частицы резины способствуют упрочнению композиционного материала.

Табл. 6.
Композиционный материал с включениями микрочастиц алюминиевой пудры.

Добавка	Алюминиевая пудра					Объемная плотность, кг/м ³	Прочность при разрыве, даН	Относительное удлинение при разрыве, %	Изменение прочности за счет добавок, %	Масса добавки, г
	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Объем, м ³					
Алюминиевая пудра	54,2695	69,8849	202,5	50,3	5,33	0,0000543	568	19	-3,73	20
	204,5	50,2	4,43	0,0000454	1193,210					
							539	15	-8,64	10

Композиционный материал с

Табл. 7.

Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц алюминиевой пудры.

Добавка	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Объем, м ³	Плотность, кг/м ³
Алюминиевая пудра	1,6174	24,7	22,33	2,17	0,00000119	1351,416
	2,5898	40,0	14,77	3,8	0,00000224	1152,865

включениями микрочастиц тонера.

Характеристики образца представлены в табл. 4.

Прежде всего, следует отметить, что независимо от цвета тонера (синий или черный) наблюдается неравномерность распределения частиц в объеме композиционного материала. Нет видимых повреждений, трещин, пузырьков воздуха, разломов. Материал имеет цвет тонера. Отмечается наличие конгломератов тонера, которые во всем объеме композита контактируют со связующим. Конгломераты частиц не вносят видимых нарушений в структуру и не оказывают отрицательного влияния на прочность ком-

Табл. 8.

Композиционный материал с включениями микрочастиц тонера и резины.

Добавка	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Объем, м ³	Объемная плотность, кг/м ³	Прочность при разрыве, даН	Относительное удлинение при разрыве, %	Изменение прочности за счет добавок, %	Масса добавки, г
Тонер + резина	47,3044	200,8	49,6	3,93	0,00003918	1207,323	600	25	24,48	1,8

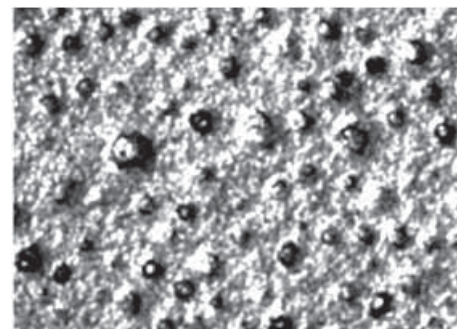
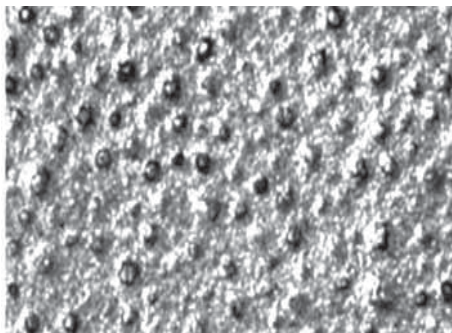


Рис. 3. Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц тонера и резины.

Табл. 9.

Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц тонера и резины.

Образец	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Объем, м ³	Плотность, кг/м ³
Тонер+резина	4,2094	49,6	18,03	3,9	0,000003486	1207,508

позита, способствуя дополнительно скреплению мононитей основы и связующего. Кроме того, сравнивая структуру нетканого полотна и композита, можно утверждать, что полимеризованное связующее с добавками

тонера не оказывает влияния на расположение мононитей основы.

Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц тонера.

Характеристики образца представлены в табл. 5.

Рассматривая под большим увеличением частицу тонера в матрице, следует в первую очередь отметить наплывы связующего вокруг частицы. Причем, эти наплывы затухают по мере удаления от нее. Хорошо за-

Табл. 10.

Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц тонера и алюминиевой пудры.

Добавка	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Объем, м ³	Плотность, кг/м ³
Алюминиевая пудра + тонер	4,5898	34,0	16,54	3,69	0,000002075	2211,8452

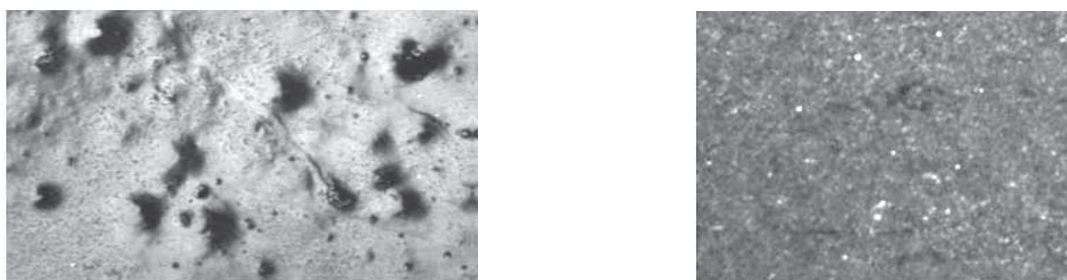


Рис. 4. Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц тонера и алюминиевой пудры.

метны черные полоски включений тонера в пограничном со связующим слое (рис. 2). Изучение фотоснимков дает возможность предположить, что в процессе полимеризации, связующее сжимает частицу тонера по всему ее объему (периметру). С учетом давления и достаточно высокой температуры (80-120 °С) наночастицы, составляющие внешнюю поверхность и полимерную оболочку тонера, проникают в связующее, образуя пограничный слой. При этом отсутствует трещинообразование или наличие пузырьков воздуха.

Внутренняя структура частицы тонера не нарушена. Таким образом, во взаимодействии со связующим участвуют только поверхностные слои частицы тонера. Можно предположить, что плотность матрицы в пограничном слое больше, чем ее плотность на удалении от частицы.

Композиционный материал с включениями микрочастиц алюминиевой пудры. Характеристики образца представлены в табл. 6.

Частицы алюминиевой пудры размещаются равномерно по всему объему композита. В основном, пудра образует конгломераты, соединенные между собой. По фотоснимку можно судить о спекании частиц. Видимых нарушений структуры композиционного материала не отмечается. Частицы пудры контактируют с мононитями основы, но не нарушают их первоначальное расположение.

Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц алюминиевой пудры. Характеристики образца представлены в табл. 7.

Общее впечатление однородности матрицы, в которой частицы

алюминиевой пудры распределены равномерно по всему объему. Не наблюдается нарушения структуры, трещинообразования. Отдельные частицы взаимодействуют между собой, образуя конгломераты. По видимому, за счет температурного расширения связующего при полимеризации, происходит сжатие и спекание частиц пудры. Некоторая неровность внешней поверхности (как и в случае с частицами тонера) обусловлена отсутствием внешнего ограничения в виде крышки, что наблюдается и в матрице без добавок.

Композиционный материал с включениями микрочастиц тонера и резины. Характеристики образца представлены в табл. 8.

В целом структура однородная, но присутствуют отдельные частицы резины, имеющие более крупные размеры. Первоначальное расположение мононитей в структуре нетканой основы не нарушено. Трещинообразования не наблюдается. Можно предположить, что частицы добавок оказывают демпфирующий эффект.

Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц тонера и резины. Характеристики образца представлены в табл. 9.

Достаточно однородная масса (рис. 3). Присутствуют отдельные частицы резины. Не отмечается наличие трещин и воздушных включений. Внешняя поверхность ровная, гладкая. Вспученность отсутствует.

Полимеризованное связующее с включениями микрочастиц тонера и алюминиевой пудры. Характеристики образца представлены в табл. 10.

Заметны отдельные частицы то-

нера, но в целом структура однородная (рис. 4). Алюминиевая пудра и тонер распределены равномерно по всему объему. Взаимодействию частиц способствует спекание частиц пудры в процессе полимеризации и образование пограничного слоя вокруг частиц тонера. Можно предположить, что матрица состоящая из связующего, частиц тонера и пудры будет иметь наилучшие прочностные характеристики за счет различных физико-химических эффектов при взаимодействии указанных компонентов.

Проведенные исследования показывают, что температурное расширение связующего в процессе полимеризации, оказывает существенное влияние на характер его взаимодействия с частицами рассматриваемых добавок, вследствие различной физической и химической природы веществ.

Обобщая результаты изучения микроструктуры матрицы и композиционного материала с добавлением частиц легкоплавких веществ, можно сделать следующие выводы:

- применение веществ, используемых в качестве добавок, не приводит к наличию пузырьков воздуха, трещинообразованию в структуре композиционного материала, наличию механических пороков, способствующих снижению прочностных свойств композитов;

- частицы добавок должны иметь, по возможности, меньшие размеры, сопоставимые с частицами тонера и пудры (в идеале – наночастицы), что способствует улучшению их взаимодействия со связующим;

- единичная мононить контактирует со связующим и добавками по всему объему (периметру);

- пудра из рассматриваемых видов добавок распределена наиболее равномерно по объему композита.

References:

1. Himicheskij sostav i fizicheskie svojstva tonera [Chemical composition and physical properties of the toner]., Access mode: <http://www.orgprint.com/wiki/lazernaja-pechat/sostav-i-svojstva-tonera>.

2. Aljuminievaja pudra [Aluminium powder]., Access mode: <http://www.promob.by/pudra.html>.

3. Poristaja rezin [The porous rubber]., Access mode: <http://neopren.su/type-neoprene/poristaya-rezina-poristaya-techplastina>.

Литература:

1. Химический состав и физические свойства тонера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.orgprint.com/wiki/lazernaja-pechat/sostav-i-svojstva-tonera>.

2. Алюминиевая пудра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.promob.by/pudra.html>.

3. Пористая резин [Электрон-

ный ресурс]. – Режим доступа: <http://neopren.su/type-neoprene/poristaya-rezina-poristaya-techplastina>.

Information about authors:

1. Michail Treschalin - Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Moscow Institute of State and Corporation Management; address: Russia, Moscow city; e-mail: mtreschalin@yandex.ru

2. Yuri Treschalin – Candidate of Technical Sciences, Engineer, Moscow State Technological University “Stankin”; address: Russia, Moscow city; e-mail: antropog@yandex.ru

WORLD RESEARCH ANALYTICS FEDERATION



Research Analytics Federations of various countries and continents, as well as the World Research Analytics Federation are public associations created for geographic and status consolidation of the GISAP participants, representation and protection of their collective interests, organization of communications between National Research Analytics Federations and between members of the GISAP.

Federations are formed at the initiative or with the assistance of official partners of the IASHE - Federations Administrators.

Federations do not have the status of legal entities, do not require state registration and acquire official status when the IASHE registers a corresponding application of an Administrator and not less than 10 members (founders) of a federation and its Statute or Regulations adopted by the founders.

If you wish to know more, please visit: <http://gisap.eu>