

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕТАЛООБРОБКА

УДК 539.389.1

© Арустамян А.С.¹, Ищенко А.А.², Солек К.³, Калиш Д.⁴

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРА В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Проведено теоретическое и практическое исследование влияния температуры на механические характеристики композитного материала «Multimetal Stahl 1018» («ММ Stahl 1018»). Описаны лабораторные установки, на которых были проведены испытания, а также описана методика подготовки и проведения эксперимента. Эксперименты проводились на машине для испытаний образцов на сжатие Zwick Roell Amsler HB 100, которая способна приблизить эксперимент как можно ближе к реальным условиям, так как имеет специальную термическую камеру, в которой образцы нагревались до температур 20°C, 40°C, 60°C и 80°C. Образцы подвергались нагрузке в 15кН, 30кН и до полного разрушения. Получены экспериментальные значения условного предела текучести образцов из «ММ Stahl 1018» различных толщин для повышенных температур. На основании данного эксперимента при ремонтах деталей и машин, работающих при повышенных температурах, рекомендуется использовать слои материала высотой не более двух миллиметров и применять в мало нагруженных узлах. Также выполнен анализ результатов проведенных экспериментов, в котором выявлено, что с повышением температуры понижается предел текучести материала. Данный материал может работать в реальных условиях при повышенных температурах, однако для этого необходимо провести ряд экспериментов, добавив вибрационную нагрузку.

Ключевые слова: восстановление, эксперимент, композит, металлополимер, нагружение, температура, технология.

Арустамян А.С., Ищенко А.А., Солек К., Калиш Д. Визначення межжі текучості композитного матеріалу на основі полімерів в умовах підвищених температур.

Проведено теоретичне і практичне дослідження впливу температури на механічні характеристики композитного матеріалу «Multimetal Stahl 1018» («ММ Stahl 1018»). Описано лабораторні установки, на яких були проведені випробування, а також описана методика підготовки та проведення експерименту. Експерименти проводилися на машині для випробувань зразків на стиск Zwick Roell Amsler HB 100, яка здатна наблизити експеримент якомога ближче до реальних умов, так як має спеціальну термічну камеру, в якій зразки нагрівалися до температур 20°C, 40°C, 60°C і 80°C. Зразки піддавалися навантаженню в 15кН, 30кН і до повного руйнування. Отримано експериментальні значення умовної межжі текучості зразків з «ММ Stahl 1018» різної товщини для підвищених температур. На підставі даного експерименту при ремонтах деталей і машин, що працюють при підвищених температурах, рекомендується використовувати шару матеріалу ви-

¹ аспірант, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Мариуполь, aac0979560476@mail.ru

² д-р техн. наук, професор, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Мариуполь, ischenko49@mail.ru

³ д-р техн. наук, професор, Краковська горно-металургічна академія, г. Краков, Польща, ksolek@metal.agh.edu.pl

⁴ д-р техн. наук, професор, Краковська горно-металургічна академія, г. Краков, Польща, dak@agh.edu.pl

сотою не більше двох міліметрів і застосовувати в мало навантажених вузлах. Також виконано аналіз результатів проведених експериментів, в якому виявлено, що з підвищенням температури знижується межа плинності матеріалу. Даний матеріал може працювати в реальних умовах при підвищених температурах, однак для цього необхідно провести ряд експериментів, додавши вібраційне навантаження.

Ключові слова: відновлення, експеримент, композит, метал-полімер, навантаження, температура, технологія.

A.S. Arustamian, A.O. Ishchenko, K. Solek, D. Kalish. Polymer-based composite material yield point identification in the conditions of high temperatures. Theoretical and practical research of temperature influence on mechanical characteristics of the composite material «Multimetal Stahl 1018» («ММ Stahl 1018») have been conducted. Both the laboratory equipment used to measure the mechanical properties, the technique of material preparation and the experimental procedure were described. The compressive tests were carried out on Zwick Roell Amsler HB 100, that can approximate the experiment to real conditions, as it has a special heat chamber in which the samples were heated up to 20°C, 40°C, 60°C and 80°C. The samples were subjected to the load of 15kN, 30KN to complete failure. The experimental values of conventional yield limit of «ММ Stahl 1018» samples of various thicknesses for high temperatures have been got. On the strength of this experiment when repairing machinery and parts operating at high temperatures, it is recommended to use the material layer of no more than two millimeters and apply a little loaded nodes. The analysis of the results of the experiments showed that temperature increasing, the yield strength of the material decreases. The «ММ Stahl 1018» basing on the best polymers that almost do not shrink at hardening, has good chemical resistance. The powders - fillers include high quality stainless steel, ceramics and additives for improving the surface tension and chemical resistance. Due to its perfect viscous consistency «ММ Stahl 1018» can be easily applied with a spatula on wedges breechblocks or bridge supports and is evenly distributed in all directions at assembling. Thanks to «ММ Stahl 1018» good forming properties the units may be fitted on the spot with the accuracy of 1/100 mm that is of 100% accuracy, no additional fitting is required, i.e., traditional fitting of wedges breechblocks and piers to the lower zone of the bridge. At assembling a bridge support must be adjusted in the final position with 100% accuracy. This material can work in real conditions at elevated temperatures, but it is still necessary to conduct a series of experiments adding a vibration load as well.

Key words: mechanical properties, yield point, compression test, composite materials.

Постановка проблеми. В последнее время всё большее распространение получают ремонты с применением металлополимерных и композитных материалов, созданных на базе эпоксидных смол, которые существенно изменяют стойкость к воздействиям влаги, а также химическим воздействиям, что позволяет выполнить ремонт промышленного оборудования. Однако следует отметить, что применение металлополимерных материалов в металлургии ограничено из-за высоких температур и тяжёлых условий работы машин, особенно при воздействии динамических нагрузок и повышении требований к надёжности и долговечности. Для исследования был выбран композитный материал «Multimetal Stahl 1018» («ММ Stahl 1018») и проведены испытания на новом оборудовании. Проведен ряд экспериментов, в которых на образцы воздействует напряжение сжатия при высоких температурах.

Анализ последних исследований и публикаций. Мультиметалл Сталь 1018 был разработан в начале 90-х годов в тесном сотрудничестве с известной немецкой мостостроительной фирмой и фирмой, изготавливающей металлические конструкции. С тех пор этот материал успешно используют в Германии и за рубежом в процессах ремонта и замены мостовых опор на железнодорожных и автомобильных мостах или мостах через каналы [1-2]. Мультиметалл Сталь 1018 базируется на лучших полимерах, которые при отверждении почти не дают усадку, обладают хорошей химической стойкостью. В состав порошков-наполнителей входят высококачественная нержавеющая сталь, керамики и присадки для улучшения поверхностного напря-

жения и химической стойкости. Благодаря своей идеальной вязкой консистенции, мультиметалл Сталь 1018 легко наносится шпателем на клиновые затворы или мостовые опоры и равномерно распределяется по всем направлениям во время монтажа [3].

Благодаря хорошим свойствам формования мультиметалла Сталь 1018 с диапазоном точности 1/100 мм осуществляется 100% точность подгонки прямо на месте, не требуя никакой доработки материала, т. е. традиционной подгонки клиновых затворов и мостовых опор к нижнему поясу моста. Во время монтажа нужно привести мостовую опору в конечное положение со 100% точностью [4-5].

Мультиметалл Сталь 1018:

- выравнивает зазоры от 0 до 15 мм;
- обладает высоким пределом прочности при длительных нагрузках, а также в экстремальных условиях, таких как вибрации, температурные колебания от -40°C до $+90^{\circ}\text{C}$;
- стойкий к старению и погодным условиям;
- стойкий к бензину, маслам, кислотам, щелочам и охлаждающим средствам;
- коррозионостойкий, не ржавеет, не является проводником;
- прост в обработке, не требуется предварительной подготовки и вспомогательных средств.

Целью работы является определение усадки материала при нагрузке в статическом режиме при повышенных температурах (до 80°C).

Изложение основного материала. Zwick Roell Amsler HB 100 (рис. 1) – машина для испытания образцов на сжатие, способная приблизить эксперимент как можно ближе к реальным условиям, потому что имеет специальную термическую камеру и имеет возможность добавить вибрационные нагрузки.



Рис. 1 – Машина для испытания образцов на сжатие Zwick Roell Amsler HB100

Используя это оборудование, исследуются вязкоупругие и усталостные свойства образцов при различных температурах. С помощью специального устройства для испытания на сжатие (установленное на пластине с Т-образными пазами) могут быть закреплены образцы различных форм и размеров. Интегрированное устройство может быть использовано в термокамере (температурный диапазон от -80°C до $+250^{\circ}\text{C}$). Максимальная нагрузка 100 кН при сжатии; ход поршня 250 мм.

За критерий исследования было решено взять предел текучести σ_T . Известно, что мультиметалл не имеет четко выраженной площадки текучести, поэтому вместо σ_T используется условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, который соответствует напряжению, при котором остаточная (пластическая деформация) составляет 0,2% от высоты испытываемого образца.

При изготовлении образцов применялся металлополимерный материал «MM Stahl 1018» фирмы «Diamant», техническая характеристика которого приведена в таблице 1. Для испытательных применялись цилиндрические образцы в свободном состоянии диаметром $D=20$ мм и высотой $H=3$ мм (рис. 2). Выбор таких образцов обусловлен, в первую очередь, тем, что слои таких толщин наиболее часто применяются в ремонтах промышленного оборудования.

Таблица 1

Техническая характеристика композитного материала «MM Stahl 1018»

Прочность при сжатии	Н/мм ²	Max160
Прочность при растяжении	Н/мм ²	76
Предел прочности при изгибе	Н/мм ²	89
Предел прочности при растяжении и сдвиге	Н/мм ²	22
Модуль упругости	Н/мм ²	14000
Коэффициент линейного расширения		32×10^{-6} К
Термостойкость		-40°C / +90°C
Химическая стойкость		Очень хорошая
Стойкость к старению и погодным условиям		Очень хорошая
«Рабочее» время/время работы с материалом 20°C	мин	45
Отверждение при +5°C	час	72
Отверждение при +20°C	час	24
Удельный вес	г/см ³	2,4
Вязкость		Мягкий пастообразный
Хранение	Мес.	12
Расфасовка	кг	1,5+4,5
Принадлежности		Шпатель, перчатки, очиститель, разделительный материал

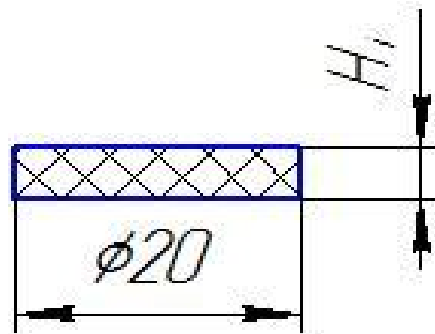


Рис. 2 – Схема испытательного образца в свободном состоянии

В качестве диапазона исследуемых температур были выбраны следующие: +20°C, +40°C, +60°C, +80°C. Обусловлено это тем, что заявленный диапазон рабочих температур материала (-40°C)÷(+80°C).

Изготовление образцов в свободном состоянии производится следующим образом:

- производится подготовка форм для заполнения мультиметаллом. В качестве форм для образцов в свободном состоянии использовали шприцы объёмом 20 мл, так как они обеспечивают нужный диаметр образцов и отпадает необходимость применять отделитель и очиститель;
- подготовленные формы заполняются материалом. При этом его следует тщательно проталкивать, предотвращая возникновение воздушных пузырей;
- после застывания материала обрезается край шприца и, приложив осевую нагрузку, извлекаем цилиндр из мультиметалла. Полученные цилиндры обрабатываются на токарном станке – материал срезается до нужной высоты;
- торцевые поверхности полученного образца выводятся в одну плоскость наждачной бумагой.

Исследуется зависимость физико-механических свойств материала при повышенных температурах. Ранее был проведен ряд экспериментов при комнатной температуре. Образцы подвергаются нагрузке при температуре 40°C, 60°C и 80°C, сжатие выполняется до полного разрушения. Графики ниже показывают результаты экспериментов.

Рис. 3 иллюстрирует зависимость толщины образца от нагрузки 15 кН при температуре окружающей среды. Такую же зависимость показывают и графики на рис. 4, 5 и 6, но при температуре 40°C, 60°C и 80°C. Они ясно показывают, что заданная нагрузка не является достаточной, чтобы преодолеть предел текучести.

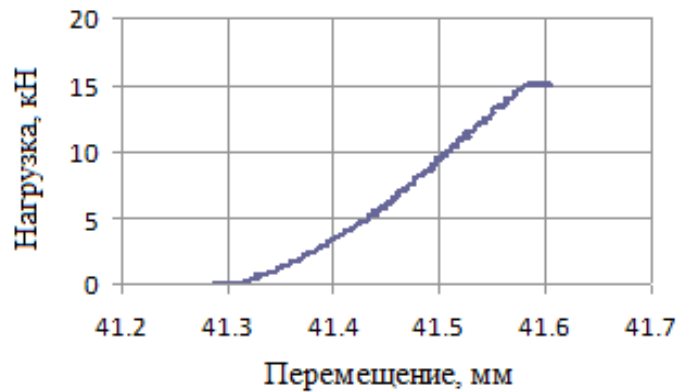


Рис. 3 – График изменения толщины образца при максимальной нагрузке 15 кН и при температуре окружающей среды

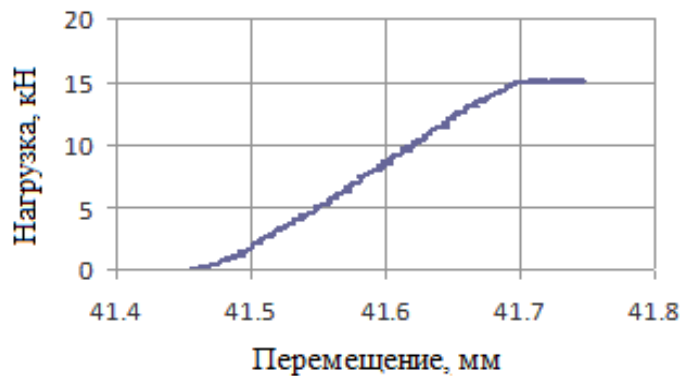


Рис. 4. – График изменения толщины образца при максимальной нагрузке 15 кН при температуре 40°C

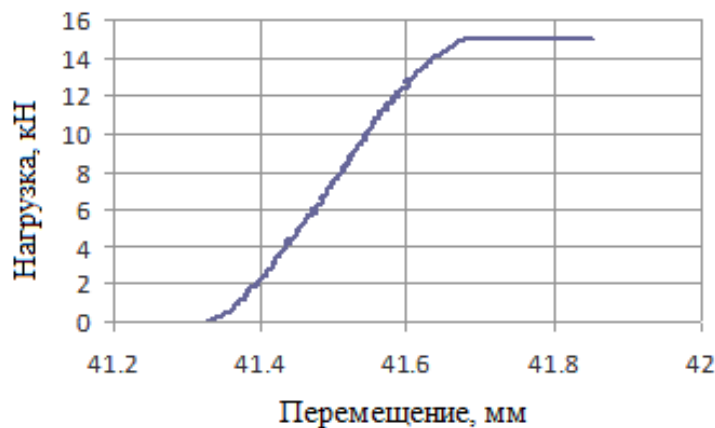


Рис. 5. – График изменения толщины образца при максимальной нагрузке 15 кН и при температуре 60°C

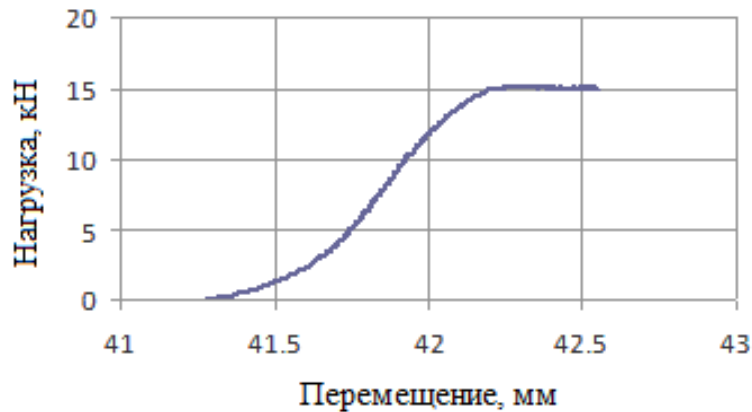


Рис. 6. – График изменения толщины образца при максимальной нагрузке 15 кН при температуре 80°C

В результате проведенных исследований были получены аналогичные зависимости при максимальной нагрузке 30 кН. Из них видно, что достигнут предел текучести и, кроме того, он падает с ростом температуры. Образец был нагружен до разрушения при температуре окружающей среды. Кроме того, образец был доведен до разрушения и при температурах 40°C, 60°C и 80°C.

В соответствии с графиками может быть определено, что предел текучести материала зависит от температуры окружающей среды. Чем выше температура, тем ниже предел текучести. Результаты экспериментов показаны в таблице 2.

Таблица 2

Результаты экспериментов

№ образца	Максимальная нагрузка, кН	Изменение толщины, мм	Температура, °C
1	30	1,43	Окр. среды
2	30	1,56	40
3	30	1,97	60
4	30	2,34	80
5	55	2,53	Окр. среды
6	47	2,71	40
7	41	2,79	60
8	36	2,72	80

Выводы

1. Проведены теоретические и экспериментальные исследования несущей способности композитного материала на полимерной основе «ММ Stahl 1018» при повышенных температурах.
2. Получены экспериментальные значения условного предела текучести образцов из «ММ Stahl 1018» различных толщин для повышенных температур.
3. На основании данного эксперимента при ремонтах деталей и машин, работающих при повышенных температурах, рекомендуется использовать слои материала высотой не более двух миллиметров и применять в мало нагруженных узлах.
4. Данный материал может работать в реальных условиях при повышенных температурах, однако для этого необходимо провести ряд экспериментов, добавив вибрационную нагрузку.

Список использованных источников:

1. Энциклопедия полимеров / В.А. Каргин [и др.]. – М. : Советская энциклопедия, 1972. – 1224 с. – (В 3-х т.; Т. 1).
2. Официальный сайт фирмы «Diamant» [Электронный ресурс]. – (<http://diamant.net.Ru/materials/multimetall>).

3. Ищенко А.А. Технологические основы восстановления промышленного оборудования современными полимерными материалами / А.А. Ищенко. – Мариуполь : ПГТУ, 2007. – 250 с.
4. Савинов О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет / О.А. Савинов. – Л. : Стройиздат, 1979. – 200 с.
5. Исследование коэффициента трения покоя пластмасс со сталью / А.А. Ищенко [и др.] // Вісник Приазовського державного технічного університету : Зб. наук. пр. / ДВНЗ «ПДТУ». – Мариуполь, 2012. – Вип. 24. – С. 258-261.

Bibliography:

1. Polymer Encyclopedia / V.A. Kargin [et al.]. – М. : Sovetskaya entsiklopediya, 1972. – 1224 p. – (In 3 volumes, Vol. 1). (Rus.)
2. Official «Diamant» company website [Electronic resource]. – (<http://diamant.net.ru/materials/multimetall>).
3. Ischenko A. Technological bases of recovery of industrial equipment with modern polymeric materials / A. Ischenko. – Mariupol : PSTU, 2007. – 250 p. (Rus.)
4. Savinov O. Modern construction of foundations for machines and their calculation / O. Savinov. – L. : Stroyizdat, 1979. – 200 p. (Rus.)
5. Study of static friction coefficient plastic with steel / A. Ishchenko [et al.] // Reporter of the Priazovskyi state technical university : Collection of scientific works / SHEE «PSTU». – Mariupol, 2012. – Issue 24. – P. 258-261. (Rus.)

Рецензент: В.В. Суглобов
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 05.05.2016

УДК 621.923

© Рябенков И.А.¹, Новиков Ф.В.², Андилахай А.А.³

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ
ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ
И УСЛОВИЯ ЕЕ УМЕНЬШЕНИЯ**

Проведен теоретический анализ закономерностей формирования шероховатости поверхности при абразивной обработке. Установлено, что уменьшить шероховатость поверхности при шлифовании можно увеличением количества одновременно работающих зерен и длины дуги контакта круга с обрабатываемой деталью. При обработке отверстия эффективно шлифование производить торцовой поверхностью круга, имеющей форму окружности и обеспечивающей наибольшую площадь контакта с обрабатываемым отверстием.

Ключевые слова: шероховатость поверхности, абразивная обработка, обработка связанным абразивом, круглое наружное шлифование, производительность обработки, одновременно работающие зерна, отверстие, хонингование.

Рябенков І.О., Новіков Ф.В., Анділахай О.О. Закономірності формування шорсткості поверхні при абразивній обробці та умови її зменшення. Проведено теоретичний аналіз закономірностей формування шорсткості поверхні при абразивній обробці. Встановлено, що зменшити шорсткість поверхні при шліфуванні мо-

¹ канд. техн. наук, директор, ООО «ДиМерус Инженеринг», г. Харьков, dimerus@dimerus.com

² д-р техн. наук, профессор, Харьковский национальный экономический университет, г. Харьков, fokusnic1@rambler.ru

³ д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Andilayah@mail.ru