

16. Zhigalov A.N., Maslov A. R., Shaturov G.F. Improved Hard Alloys for Efficient Milling // Russian Engineering Research. – 2015. Vol. 35, No. 11, 818 – 821.

17. Маслов А.Р., Жигалов А.Н. Повышение сопротивления изнашиванию твердых сплавов методом аэродинамического воздействия // Трение и износ. 2014. №5. Т. 35. с. 461 – 466.

18. Металлорежущий инструмент. Каталог ОАО «Кировоградский завод твердых сплавов». 2016. - 150 с.

19. Металлорежущий инструмент. Каталог ОАО «Победит». 2016. - 109 с.

УДК 621.88

**Калиниченко М.Л., Слуцкий А.Г., Калиниченко В.А.**

**ВЛИЯНИЕ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ И ВОДНОЙ СРЕДЫ  
НА АДГЕЗИОННУЮ ПРОЧНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
ИЗ МЕТАЛЛОВ**

*Белорусский Национальный Технический Университет*

*Минск, Беларусь*

*В настоящее время разрабатываются все большее количество принципиально новых, в том числе композиционных материалов и композиций на их основе. Способ крепления этих материалов друг с другом все чаще происходит с помощью адгезивов, т.к. это проще, экономичнее и позволяют соединять различные по составу и модулю упругости материалы. В работе представлены экспериментальные данные по оценке свойств различных типов сталей в нормальных условиях и при искусственном старении.*

По статистическим данным компании 3M, на данный момент в США доля создания неразъемных соединений из композиционных материалов при помощи процесса склеивания составляет 17% от объема всех склеенных соединений, а к 2035 г. планируется рост создания таких соединений до 60% [1,2]. Крупные компании, производящие адгезивы, утверждают, что ими разработаны самонивелирующие адгезивы, способные подстраиваться под материалы подложки и оказывать влияние, приводящее к оптимальным результатам.

Прочность любого адгезивного соединения зависит не только от прочности адгезива или от склеиваемых им элементов, сколько от работы композиции в целом, связанной с умелым подбором свойств и поверхностных эффектов получаемой композиции и других факторов [3,4]. Адгезионная прочность существенно снижается при наличии на поверхности деталей загрязнений, которые препятствуют адгезионному взаимодействию. Основной задачей подготовки поверхностей к склеиванию является получение «управляемого» состояния материала, которое обеспечивает наилучшим образом получение заданных свойств.

Таким образом, при анализе свойств поверхности твердых тел возникают [5]:

1. научные задачи, поскольку требуется на микроскопическом уровне провести оценку структуры и определить количество функциональных групп в поверхностных слоях;

2. технические задачи, поскольку требуется оценить свойства поверхности на макроуровне и определить значения шероховатости и пористости.

Из литературных источников [3,4,5] известно, что шероховатость может как положительно, так и отрицательно влиять на прочность соединения склеиваемых поверхностей.

Приведем некоторые факторы, приводящие к увеличению адгезионной прочности, это:

1. увеличение фактической площади склеивания;

2. уменьшение скорости распространения усталостных трещин;
3. увеличение диссипации в процессе деформации фрагмента клеевого материала, находящегося непосредственно в микронеровностях.

При этом нужно отметить и факторы, оказывающие отрицательное влияние [3,5]:

1. различные загрязнения и пары воды;
2. значительная усадка клея в процессе отверждения;
3. не оптимально подобранная толщина клеевого шва.

Однако все эти факторы действуют очень индивидуально, что во многом связано с техническими характеристиками, выбранного адгезива.

Наилучшие прочностные свойства для большинства клеев практически достигаются тогда, когда толщина клеевого шва находится в пределах от 0,07 до 0,25 мм. Во многих случаях, однако, приемлемы соединения с клеевым швом толщиной от 0,01 до 0,75 мм. Норма нанесения клея зависит как от характера подгонки сопрягаемых поверхностей, так и от давления запрессовки, размеров склеиваемых участков и, разумеется, от консистенции клея и других его физико-химических свойств [5].

Целью данной работы была проверка свойств современного клея компании 3M (США) марки DP 8805NS при креплении сталей типа Ст45 и ШХ15, как с друг другом, так и в композиции, для последующего использования готовых изделий в системах очистных фильтрационных элементов и пламегасителей выхлопных систем для многофункциональной техники. За ключевой аспект было принято сравнение работы адгезива при неподготовленной поверхности (распил) в сравнении с поверхностью прошедшей дробеструйную обработку. А так же исследование влияния водной среды на адгезионную прочность этих соединений.

Выбор адгезива, DP 8805NS, обусловлен его изначальными техническими характеристиками, т.к. он подходит для работы с металлами, а также для работы в среде, насыщенной водяными, масляными и другими парами, а также при наличии конденсата или избыточной влаги. [2,6,7]. Для данного адгезива, по заявленным производителем характеристикам, шероховатость поверхности не играет решающей роли, т.к. в его состав входят стеклянные микрочастицы диаметром 0,25 мм для обеспечения контролируемой толщины клеевого зазора.

Эксперименты было решено проводить в два этапа. В первой группе образцы были с подготовленной поверхностью (прошедшие дробеструйную обработку на основе) и с неподготовленной поверхностью (распил). Производился отрез кругом компании Kuegel AG. Эксперимент проводили в нормальных условиях, с целью определить, влияние подготовки поверхности на качество склейки. Во второй части эксперимента, образцы, показавшие наилучшие результаты, подвергли испытанию на долговечность во влажной среде, описанному в [5].

Подготовка поверхности образцов в обоих случаях проводилась в соответствии со стандартными методиками разработанными компанией 3M для склейки металла. Для получения прочного соединения все поверхности в сухом, не окрашенном, без оксидных плёнок, масел, пыли, релизов и т.п. виде прошли обезжириванием раствором 3M Surface cleaner 60/40 50/50 с последующей обработкой наждачной бумагой Scotch Brite и протиркой очистителем поверхности 3M. Такая обработка поверхности дает хорошую адгезию металлов к клеевым составам. Те изделия, которые не предполагается эксплуатировать в условиях повышенной влажности, обработку поверхности праймером 3M можно не проводить.

Максимальную адгезивную прочность образцы достигают через 2 недели после склеивания (по данным исследования производителя адгезива). Следовательно, к дальнейшим исследованиям приступили после истечения заданного срока для получения максимально достоверных результатов, которые должны были соответствовать данным завода изготовителя.

Испытания проводились на базе сертифицированного центра структурных исследований и трибо-механических испытаний материалов и изделий машиностроения

Объединенного института машиностроения НАН Беларуси (ЦКП – ЦСИМИ ОИМ НАН Беларуси) с помощью разрывной машины Instron 300LX, данные обрабатывались с помощью программы Bluehill 2 (Великобритания).

Результаты эксперимента на разрыв образцов 1 группы представлены на рис. 1.

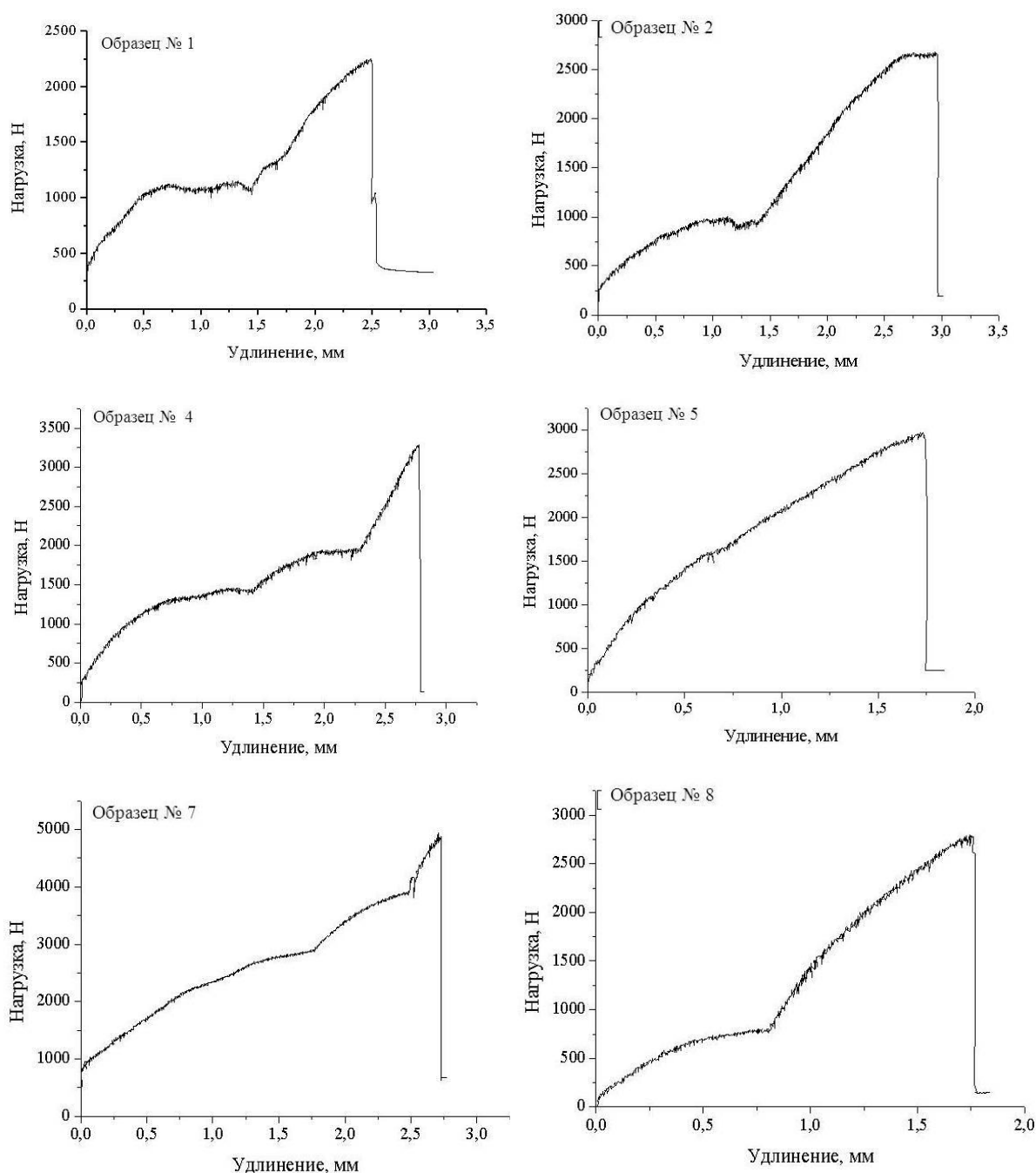


Рис. 1. Максимальная разрывная нагрузка при испытании образцов, склеенных клеем DP 8805NS:

образец № 1 – Ст45-Ст45 соединение с не обработанной поверхностью; образец №2 – соединение Ст45-Ст45 с поверхностью после дробеструйной обработки; образец №4 – соединение ШХ15-Ст45 с не обработанной поверхностью; образец № 5 – соединение ШХ15-Ст45 с поверхностью после дробеструйной обработки; образец № 7 – соединение ШХ15-ШХ15 с не обработанной поверхностью; образец № 8 – соединение ШХ15-ШХ15 с поверхностью после дробеструйной обработки

Из анализа данных, представленных на рис. 1., было выявлено, что наиболее высокие прочностные характеристики показывают образцы на основе стали ШХ15 (макс-

симальная разрывная нагрузка 4,94 кН) и их сочетание с Ст45 (3,29 кН). Пересчет графических данных из нагрузки в предел прочности представлен в табл. 1. Как видно из табл. 1 и рис. 1, применение дробеструйной обработки на вышеупомянутых образцах уменьшило значение до 13,9 МПа и 19,82 МПа соответственно. Данный факт может служить подтверждением теории усадки и газонасыщения адгезивных соединений, рассмотренных в работе [5]. В тоже время необходимо отметить феномен увеличения прочностных свойств в отношении низколегированных сталей, Ст45 показывает увеличение прочностных свойств на сцепление с 15 МПа для необработанного образца, до 18 МПа при условии обработки. Данный аспект может объясняться, как наименьшим количеством примесных элементов в материале основы, которые могут взаимодействовать с адгезивом, так и простотой структуры данного материала.

Далее были проведены эксперименты второй группы образцов. Для этого было решено отобрать образцы из первой группы, показавшие наилучшие результаты, а именно образцы склеенные без дополнительной обработки (распил). Данными по соединению Ст45-Ст45 после дробеструйной обработки, показавшими наилучший результат по сравнению с аналогичным соединением, имеющим необработанную поверхность, было решено пока пренебречь и принять как исключение.

Склеенные образцы, такой же комбинации, как и в первой группе, подвергли ускоренному старению (в течение 40 дней) в водной среде. После чего были проведены прочностные испытания на разрыв. На рис.2. показан вид образцов после прочностных испытаний. На рисунке четко видно, что вода равномерно по всему диаметру образцов воздействовала на клеевой состав. Только в центре клеевой состав не подвергся структурным изменениям, что, как следствие, повлияло на результаты эксперимента (Табл.1.). Из полученных данных видно, что прочностные характеристики склеенных образцов, снижаются в зависимости от площади не подвергнутого контакту с водой клеевого соединения. В том числе учитывается химический состав исходных материалов.

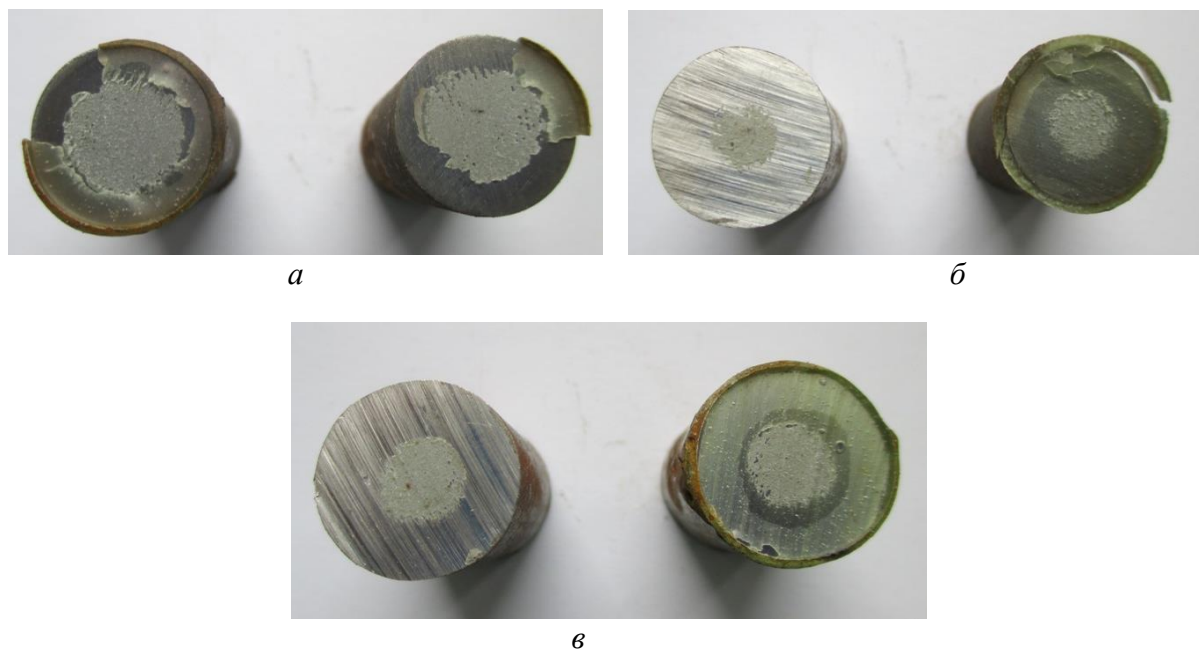


Рис. 2. Вид образцов после проведения прочностных испытаний на разрыв, склеенных клеем DP 8805NS и подверженных испытанию на долговечность:  
*а* – образец № 3 – соединение Ст45-Ст45, *б* – образец № 6 – соединение ШХ15-Ст45,  
*в* – образец № 9 – соединение ШХ15-ШХ15

Прочностные характеристики адгезивных соединений образцов первой и второй групп

Маркировка образца	Номер образца	Используемая среда; Обработка поверхности	Диаметр, мм	Максимальная нагрузка, (кН)	Предел прочности, (МПа)
Ст45 - Ст45	1	сухая, распил	14	2,26	15,09
	2	сухая, после дроб. обработки	14	2,68	17,96
	3	влажная, распил	14	1,443	9,378
ШХ15 - Ст45	4	сухая, распил	14	3,29	22,00
	5	сухая, после дроб. обработки	14	2,96	19,82
	6	влажная, распил	14	1,944	12,635
ШХ15-ШХ15	7	сухая, распил	16	4,94	24,55
	8	сухая, после дроб. обработки	16	2,80	13,91
	9	влажная, распил	16	1,816	9,037

График максимальной разрывной нагрузки образцов после искусственного старения представлен на рис. 3., при этом данные результатов экспериментов первой и второй группы приведены в табл.1.

По результату испытания образцов второй группы было выявлено, что, несмотря на то, что адгезив DP 8805NS заявлен производителем как водостойкий и ранее проводимые эксперименты это подтвердили [8], тем не менее, клеевой состав подвержен в водной среде старению в связи с возможными структурными изменениями, происходящими внутри его, что существенно отражается на полученных результатах. К тому же, по литературным источникам [5], считается допустимым ухудшение результатов образцов прошедших испытания в водной среде на 20-25%, а по результатам проведенных исследований было отмечено ухудшение в среднем на 40%.

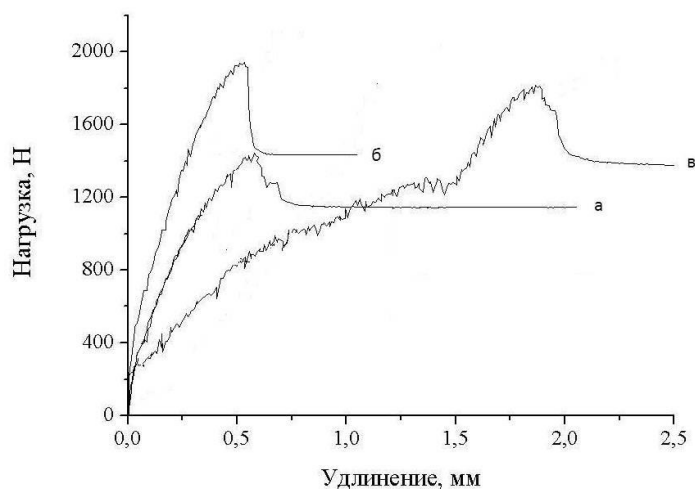


Рис. 3. Максимальная разрывная нагрузка при испытании образцов, склеенных клеем DP 8805NS:  
 а – образец № 3 – соединение Ст45-Ст45, б – образец № 6 – соединение ШХ15-Ст45,  
 в – образец № 9 – соединение ШХ15-ШХ15

### **Выводы.**

В результате предложенной работы было доказано, что:

1. для адгезива DP 8805NS неподготовленная поверхность (распил) является предпочтительнее, чем после дробеструйной обработки, что, как результат, уменьшает объем затрат на изготовление реальных изделий за счет исключения технологической операции подготовки поверхности;

2. для использования в водной среде адгезив DP 8805NS не подходит использовать в не защищенном виде;

3. при определении прочностных характеристик после искусственного старения в водной среде предпочтительнее производить оценку по максимальной разрывной нагрузке в кН, чем по пределу прочности в МПа, завязанной на трудности определения реально оставшейся склеенной поверхности.

В результате чего, было принято решение детально изучить соединение Ст45-Ст45, для уточнения нюансов крепления данных сталей рассматриваемым адгезивом, а также принято решение, что клеевой шов необходимо закрывать от проникновения водной среды в межслоевое пространство с помощью герметика или лакокрасочных изделий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Информация компании 3М [www.3m.com](http://www.3m.com) просмотр 07.02.2017г.
2. Рекламный материал компании 3М «Клеевые продукты и решения». Минск 2015.-27 с.
3. Аронович, Д.А. Склеивание в машиностроении: Справочник в 2 томах. Т.1 / Д. А. Аронович, В. П. Варламов, В. А. Войтович и др.; Под общ. ред. Г. В. Малышевой. — М.: Наука и технологии, 2005. — 544с.
4. Эпштейн, Г. Склеивание металлов. Авторизованный перевод с английского канд. техн. наук Б.И. Паншина. Под общей редакцией А.Т. Туманова/ Г. Эпштейн. — М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1956. — 212 с.
5. Вильнав, Ж.-Ж. Клеевые соединения. Перевод с французского Л.В. Синегубовой./ Ж.-Ж. Вильнав. — М.: Техносфера, 2007. — 385с.
6. Калиниченко, М.Л. Новые методы крепления пористых и компактных материалов / М.Л. Калиниченко, 5. В.А. Калиниченко. Сборник научных трудов X МНТК. Современные методы и технологии создания и обработки материалов. Минск: ФТИ. - 16-18.09.2015. Кн. 1. - С.72-79.
7. Калиниченко, В.А. Новые методы крепления пористых и компактных материалов на основе титана/ В.А. Калиниченко, М.Л. Калиниченко, А.Н. Григорчик. Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер 6. Тэхніка. – 2015. – № 1(198). – С.24–30.
8. Калиниченко, М.Л. Практические аспекты изучения влагонасыщения промышленных клеевых составов. / М.Л. Калиниченко, А.Е. Зелезей, А.В. Воробьев. Сб. мат-лов. III Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума «Новые горизонты – 2016». 29-30.11.2016. Минск. БНТУ. С. 131-132.