

ращения: 13.04.2026).

3 О государственных пособиях семьям, воспитывающим детей : Закон Респ. Беларусь, 29 дек. 2012 г., № 7-3 (ред. от 18.12.2019) // Министерство труда и социальной защиты. – URL: <https://mintrud.gov.by/ru/posobiya> (дата обращения: 13.04.2026).

4 Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Домашние хозяйства Республики Беларусь : стат. бюл. / подгот. Управлением статистики уровня жизни и обследований домашних хозяйств. – Минск, 2025. – 178 с. – URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 13.04.2026).

5 **Антонов, А. И.** Семейно-детный образ жизни: результаты социолого-демографического исследования : монография / А. И. Антонов, А. Б. Синельников, Е. Н. Новоселова. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 540 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1876688> (дата обращения: 13.04.2026).

6 **Соловей, А. И.** Семейные ценности в системе жизненных ориентиров белорусов / А. И. Соловей // Социологические исследования. – 2025. – № 4. – С. 42–49. – URL: <https://news.sb.by/articles/institut-sotsiologii-nan-sredi-zhiznennykh-orientirov-belorusov-lidiryut-semeynye-tsennosti.html> (дата обращения: 13.04.2026).

Получено 11.05.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.
Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 621.891

Д. С. ГОРБАЧЕВ, Д. С. МАКАРЕНКО (МО-11)

Научный руководитель – ст. преп. *И. Е. КРАКОВА*

ПОЛЕЗНЫЕ АСПЕКТЫ ТРЕНИЯ

Выполнен обзор полезных аспектов трения, которые используются при обработке изделий из различных материалов.

Трение – это физическое явление, которое широко распространено, но недостаточно изучено. Оно затрагивает множество отраслей промышленности, таких как машиностроение, металлургия, транспорт, биоинженерия и др. Чаще всего трение рассматривают как негативный фактор, потому что оно потребляет значительную часть первичной энергии, вызывает износ, приводящий к выходу из строя значительного количества деталей машин. Поэтому изучение данного явления является важным аспектом в научных исследованиях. Рассмотрим полезные аспекты трения, используемые при обработке изделий из различных материалов.

Трение является важным фактором в процессах обработки металлов. Когда два тела соприкасаются, на их стыке возникает сила трения. В процессе меха-

нической обработки металлов мы сталкиваемся с тремя видами трения:

- сухое трение, когда поверхности инструмента и обрабатываемой детали находятся в непосредственном контакте, без каких-либо смазывающих или разделяющих сред. Это означает, что между ними нет ни жидкости, ни газа, ни даже окислов или других посторонних веществ. На практике такое идеальное сухое трение встречается крайне редко. Чаще всего мы имеем дело с ситуациями, когда отдельные участки поверхностей приближаются к таким условиям.

- жидкостное трение, между поверхностями инструмента и детали присутствует слой жидкости. Этот жидкостный слой эффективно разделяет поверхности, минимизируя их прямое соприкосновение. В результате значительно снижаются силы, вызывающие деформацию поверхностей, что приводит к более высокому качеству обрабатываемой детали. Однако, поскольку жидкость имеет тенденцию вытекать из зоны контакта под давлением, для поддержания этого благоприятного режима обработки необходимо создавать условия, которые обеспечивают постоянное поступление жидкости в рабочую зону.

- граничное трение, характеризуется наличием очень тонкого слоя смазочного материала между поверхностями. Этот тонкий слой увеличивает силу контактного взаимодействия по сравнению с полным отсутствием смазки. Однако из-за неровностей на поверхностях детали и инструмента этот тонкий слой смазки может быть частично прорван. В результате образуются участки, где поверхности соприкасаются напрямую, что приводит к схватыванию и повышенному трению.

Механическая обработка металла характеризуется высоким давлением, в результате которого инструмент вызывает смещение поверхностей. Этот процесс неизбежно приводит к повышению температуры, теплообмену, рассеиванию энергии, а также к физическому разрушению и структурным изменениям в поверхностных слоях. Благодаря этим изменениям в структуре и свойствах металла, трение может быть использовано как отдельная технологическая операция при обработке. Без трения невозможны такие механические обработки материалов как шлифовка, полировка, сверление, точение материалов.

При фрезеровании, сверлении резец трется о заготовку, срезая слой металла. При отсутствии трения резец просто соскользнет с заготовки и обработка станет невозможной. Поэтому углы заточки и скорость резанья рассчитываются так, чтобы трение было достаточно сильным для снятия стружки, но при этом не вызывало перегрева. Трение также помогает при шлифовании и полировке поверхностей деталей. В этом случае применяются абразивные материалы, которые при контакте с поверхностью детали царапают ее, снимая микронеровности. Чем мельче абразивное зерно, тем меньше трение каждой частицы, но больше число контактов, что дает гладкую поверхность. При доводке прецизи-

онных деталей две поверхности трут друг о друга абразивной пастой. Так получают идеально плоские и гладкие детали. При пескоструйной обработке частицы песка ударяются о поверхность и трутся о нее под напором воздуха. Таким способом можно счищать ржавчину, старую краску. Трение используется и при резке металлов (реализовано в фрикционной пиле). Быстро вращающийся диск прижимается к металлу, который от трения нагревается добела, размягчает материал и «выжигает» линию реза. Резка трением используется при резке толстых труб, брони и рельсов [1, 2].

В настоящее время трение используется также для сварки изделий. Сварка трением основана на преобразовании механической энергии в тепло. Свариваемые изделия в холодном состоянии смыкаются друг с другом. Причем одно из изделий остается неподвижным, а другое присоединяется к вращающим элементам. После включения механизма вращения за счет сил трения концы соединяемых изделий разогреваются настолько, что между их атомами образуются новые связи. При этом, нагреваясь, материал свариваемых изделий становится пластичным, что образуется качественный шов.

Такой вид сварки – легко механизуемый процесс, который при малых энергетических затратах позволяет получить хорошее соединение деталей и качественный шов. Такой шов не имеет трещин, пор, раковин, и металл в месте шва имеет те же свойства, что металл основной детали. Однако он имеет выступающую часть, которую не рекомендуется удалять. Этот вид сварки широко используется в автомобильной промышленности для таких изделий, как корпуса дифференциалов, полуоси и биметаллические клапаны. С момента внедрения этого традиционного вращательного метода сварки трением произошло множество разработок, таких как шпильчатая сварка, наплавка трением, линейная и радиальная сварка трением, коническая сварка и сварка трением с перемешиванием [3, 4].

Одной из важнейших характеристик сварки трением является ее способность сваривать сплавы и комбинации сплавов, ранее считавшиеся несвариваемыми. Она позволяет создавать соединения разнородных металлов, соединяя сталь, медь и алюминий друг с другом и между собой [3].

Сварки трением с вращательным относительным движением подходит для соединения деталей правильной формы, одна из которых в идеале должна иметь круглое поперечное сечение. Такой способ хорош при сварке труб или стержней одинакового диаметра. В этом случае происходит равномерный нагрев по всей площади контакта. Недостатками такого процесса является необходимость вращения одной из свариваемых деталей, что накладывает ограничения на форму и размер этих деталей, а также то, что соединяемые детали нельзя подносить к сопрягаемой детали под углом.

Для сварки алюминиевых деталей используется метод сварки трением с пе-

ремешиванием, являющийся адаптацией метода сварки трением. Это относительно новый метод сварки, разработанный в Великобритании в 1991 году [5].

Вращающийся инструмент-палец, состоящий из штифта и рычага, вдавливается в стык двух пластин (рисунок 1).

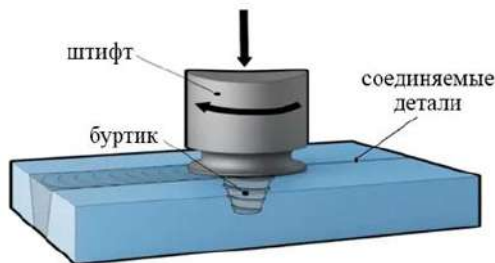


Рисунок 1 – Схема процесса сварки трением с перемешиванием

Трение нагревает металл до пластического состояния, перемешивает края – получается бесшовное соединение без расплавления. Такой метод позволяет сваривать продольные швы на плоских пластинах. Сварка трением с перемешиванием используется при сварке длинных участков без плавления (корпуса ракет, авиапанели), успешно внедрена на верфях и активно изучается для применения в железнодорожном подвижном составе и автомобильной промышленности. В отличие от традиционных методов сварки, сварка трением с перемешиванием позволяет избежать образования расплава и, соответственно, дефектов, присущих процессу затвердевания жидкого металла. Поскольку температура сварки остается ниже точки плавления, свариваемые детали практически не подвержены искажениям и поводкам.

Таким образом, трение – это не всегда вред, а незаменимый инструмент. В повседневной жизни оно помогает обеспечивать движение, останавливать движущиеся элементы, соединять детали без сварки, передавать усилие и обрабатывать материалы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Филиппов, М. А. Трение и антифрикционные материалы : учеб. пособие / М. А. Филиппов, О. Ю. Шешуков. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2021. – 204 с.
- 2 Механическая обработка металлов трением. – URL: <https://metobrabotka.com/mehanicheskaya-obrabotka-metallov-treniem/> (дата обращения: 15.04.2026).
- 3 Friction Process. – URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/friction-process> (date of access: 15.04.2026).
- 4 Виды и технология сварки трением. – URL: <https://www.svarkapro.by/information/vidy-i-tehnologiya-svarki-treniem> (дата обращения: 15.04.2026).
- 5 The Role of Friction on Metal Forming. – URL: <https://www.intechopen.com/chap->

УДК 691.328.4

А. В. ГРОБОК (ПС-22)

Научный руководитель – канд. техн. наук *А. А. ВАСИЛЬЕВ*

ФИБРОБЕТОН, АРМИРОВАННЫЙ УГЛЕВОЛОКНОМ

Рассмотрен фибробетон, армированный углеволокном. Приведены основные характеристики углеволокна и свойства бетонов, армированных углеволокном. Выполнено сравнение характеристик исследуемых фибробетонов с различными типами фибры. Проанализированы достоинства и недостатки бетонов, армированных углеволокном. Представлены примеры применения фибробетонов, армированных углеволокном, а также показана значимость их характеристики необходимость его применения в современном строительстве.

Фибробетон, армированный углеволокном, представляет собой один из наиболее перспективных материалов в современном строительстве [1]. Это материал, сочетающий в себе прочность цементной матрицы и уникальные свойства углеродных волокон, что обеспечивает высокую трещиностойкость, устойчивость к динамическим нагрузкам, коррозии и агрессивным средам.

Фибробетон с углеволокном способен эффективно перераспределять напряжения, предотвращать образование и развитие трещин, а также сохранять целостность конструкции при экстремальных условиях эксплуатации, в отличие от традиционного бетона, имеющего высокую прочность на сжатие, но ограниченную способность сопротивляться растягивающим усилиям.

Углеволокно (УВ) – наноструктурированный неорганический материал, содержащий 92–99,9 % углерода. Углеродные волокна получают путём ступенчатой термообработки волокон на основе полиакрилонитрила (ПАН), при температурах до 3200 °С [2].

Углеволокно, применяемое в качестве армирующего элемента, имеет следующие характеристики: прочность на растяжение до 5000 МПа, модуль упругости 200–250 ГПа, плотность около 1,8 г/см³, высокая термостойкость (до 600 °С) и абсолютная устойчивость к коррозии. Такие свойства делают углеволокно особенно эффективным в условиях химической агрессии, повышенной влажности, резких перепадов температуры и сейсмической активности, поскольку, в отличие от стальной фибры, оно не корродирует, не требует дополнительной защиты и сохраняет свои характеристики на протяжении всего срока службы конструкции.