

overheating, implementing precise control systems for nuclear reactions and energy production, and integrating automatic protection systems for emergencies. Moreover, reactor engineers tackle critical issues such as the safe disposal of nuclear waste, the design of efficient nuclear materials, fuel, and analyzing the environmental and radiation safety impact of reactors. Research efforts aim to push the boundaries of knowledge and innovation, with a focus on reactor design, materials science, waste management, and advanced fuel technologies. Reactor design research pursues innovative concepts that offer improved safety features, enhanced fuel utilization, and reduced waste production [7]. Scientists explore advanced materials that can withstand extreme conditions, ensuring the durability and longevity of reactor components while minimizing maintenance requirements. Waste management research focuses on developing effective strategies for the safe disposal or recycling of nuclear waste, including exploring techniques such as transmutation to convert radioactive isotopes into less hazardous forms. Fuel efficiency improvement and alternative fuel cycles are also areas of active research, with investigations into advanced fuels like thorium-based fuels or mixed oxide fuels to maximize energy extraction and reduce the generation of long-lived radioactive waste. Additionally, reactor safety research involves studying severe accident scenarios, developing advanced emergency response systems, and integrating passive safety features into reactor designs to enhance inherent safety and minimize the consequences of accidents [8].

#### References

1. Umasankari K., Mohanakrishnan P. Types of nuclear reactors, *Physics of Nuclear Reactors*, 2021. – P. 155–191. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822441-0.00003-0>
2. USNRC, westinghouse Pressurized water reactor, Technical Training Center. 0603, 2016 – P. 1–28.
3. Murty K. L., Charit I. Overview of Nuclear Reactor Systems and Fundamentals, *An Introduction to Nuclear Materials*, 2021. – P. 1–42. – Mode of access: [http://www.wileyvch.de/en/?option=com\\_eshop&view=product&isbn=3-527-41201-8](http://www.wileyvch.de/en/?option=com_eshop&view=product&isbn=3-527-41201-8).
4. Author N. Nuclear reactor basic principles : Controlling the chain reaction, (n.d.). IV, (n.d.).
5. Goldberg S. M., Rosner R., *Nuclear Reactors: Generation to Generation*, 2011. – Mode of access: <https://www.ama-cad.org/sites/default/files/academy/pdfs/nuclearReactors.pdf>.
6. Dna M., Dna M., Pigmentosa R. Science Media Centre Fact Sheet, (n.d.). – Mode of access: <http://www.scien-cemediacentre.org/wp-content/uploads/2013/04/Mitochondrial-DNA-fact-sheet.pdf>.
7. Corliss W. R. *Power Reactors in Small Packages*, (1968). – Mode of access: <https://www.osti.gov/biblio/1158799%0Ahttps://www.osti.gov/servlets/purl/1158799>.
8. Plant N. P. PREPARED BY : BHAWANIPATNA MODULE – IV, (n.d.).

УДК 621.778.073

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Рассмотрены перспективные направления совершенствования метизного производства в области производства металлокорда из тонкой проволоки класса прочности МТ. Определены основные причины снижения производительности при изготовлении такого металлокорда. Предложены решения, которые позволят увеличить производительность промышленного производства металлокорда.*

**Ключевые слова:** метизная продукция, металлокорд, производительность, волочение.

## PROMISING DIRECTIONS FOR IMPROVING HARDWARE PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Yu. L. Bobarikin, Yu. V. Martyanov

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*Prospective directions for improving hardware production in terms of the production of metal cord from thin wire of strength class MT are considered. The main reasons for the decrease in productivity in the manufacture of such steel cord have been identified. Solutions have been proposed that will increase the productivity of industrial production of steel cord.*

**Keywords:** hardware products, steel cord, productivity, drawing.

В современном мире ежегодно возрастает потребление метизной продукции. Кроме увеличения потребности в метизной продукции постоянно повышаются требования к качеству и свойствам метизной продукции. Одним из высокотехнологичных видов метизной продукции является металлокорд. Металлокорд используется в качестве армирующего элемента в резиновых шинах. На сегодняшний день потребление и производство автомобильных шин и металлокорда увеличивается ежегодно на 3–4 %.

Основными производителями металлокорда являются:

- 1) ОАО «БМЗ» (Беларусь) – около 14 % мирового рынка [1];
- 2) БЕКАРТ (Бельгия) – 38 % мирового рынка металлокорда, имеет заводы в Китае, Европе, Северной и Южной Америке, Азии и Австралии, России;
- 3) Amercord Inc. (США), «Goodyear» (США), TrefilArbed Kiswire (Люксембург/Корея), Hyosung (Корея), Pirelli (Италия), Sodetal (Франция), «Michelin» (Франция), «Nokian» (Финляндия), «Continental» (Германия), «Barum» (Чехия);
- 4) Китайские фирмы – около 40 %.

Металлокорд подразделяется на классы прочности. Самым перспективным для изучения и производства сегодня является металлокорд класса прочности МТ – мегапрочный. Предел прочности такого металлокорда составляет 3800–4000 МПа. Использование мегапрочного металлокорда позволит облегчить шину и в конечном итоге сделать автомобильные транспортировочные операции более эффективными. Высокое значение прочности металлокорда вызывает определенные сложности в производстве. Для производства такого металлокорда необходимо использовать высокоуглеродистую заэвтектоидную сталь с микролегированием кремнием и хромом. Работа с такой сталью существенно ограничивает производительность процесса. Это связано с ограничениями деформационных режимов при волочении проволоки. Также существенно ограничена скорость волочения проволоки и скорость свивки металлокорда. Следовательно, производство мегапрочного металлокорда связано не только с технологическими сложностями и особенностями, но и с вынужденной низкой производительностью процесса.

Снижение производительности процесса также обусловлено обрывами проволоки при свивке металлокорда. Обрыв проволоки при свивке металлокорда приводит к остановке канатной машины и вынужденному перезапуску процесса свивки. На рис. 1 представлена диаграмма распределения основных причин при обрывах проволоки.

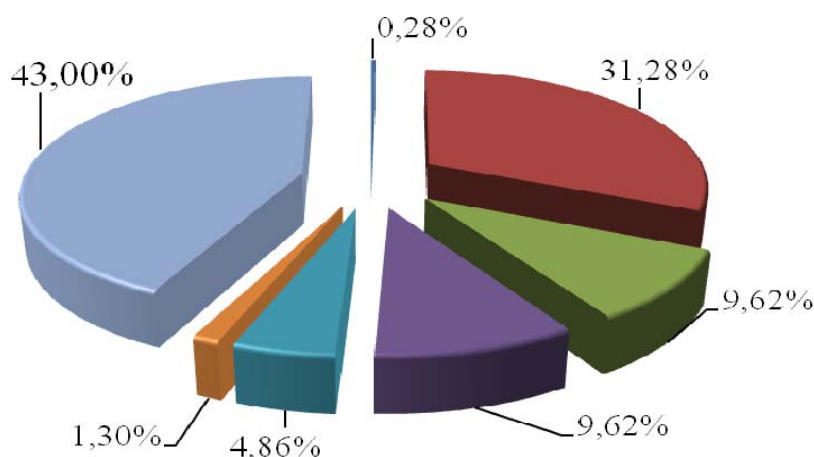


Рис. 1. Диаграмма распределения основных причин при обрывах проволоки: расслои – 43,00 %; поверхностные дефекты – 31,28 %; трещины – 9,62 %; сужение – 9,62 %; сварка – 4,86 %; кручение – 1,30 %; неметаллические включения – 0,28 %

Основными причинами обрывности металлокорда являются расслои и поверхностные дефекты. Эти явления являются следствием неверных параметров технологии волочения проволоки, термообработки проволоки, прокатки и выплавки стали.

Для производства мегапрочного металлокорда необходимо обеспечить высокий контроль за технологическим процессом выплавки стали, режимом легирования и разлива стали, за технологическим процессом термоупрочнения стали в процессе прокатки. Кроме контроля параметров необходимо модернизировать текущие технологии патентирования (термообработки) проволоки, технологии тонкого волочения для получения требуемых высоких сбалансированных механических свойств проволоки. Сбалансированный комплекс механических свойств проволоки позволит избежать снижения производительности при свивке металлокорда.

#### Литература

1. Метизное производство // Белорус. металлург. завод. – Режим доступа: <https://belsteel.com/about/metiznoe-proizvodstvo.php>. – Дата доступа: 15.09.2023.

УДК 678.8

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ 3D-ПЕЧАТИ МЕТОДОМ FDM ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ 3D-ПРИНТЕРА

А. А. Михальченко

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

А. Б. Невзорова

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Показано, что различные материалы, из которых изготовлены филаменты, различные размеры печатных изделий, а также параметры печати влияют на размерную погрешность образцов одинаковой формы с технологией печати FDM (моделирование методом наплавленного осаждения).*

**Ключевые слова:** трехмерный объект, 3d-печать, технологии FDM, филаменты.