



**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МАГНИТНЫХ КОМПОНЕНТОВ  
НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

**Сулаймонов Уткирбек Баходир угли**

Ассистент Ташкентский Государственный Транспортный Университет, 111110  
Ташкент, Мирабадский район, ул. Адылхаджаев 1, Республика Узбекистан

**Хасанов Фозил Фарход угли**

Ассистент Ташкентский Государственный Транспортный Университет, 111110  
Ташкент, Мирабадский район, ул. Адылхаджаев 1, Республика Узбекистан

**Бердиёров Улмасбек Нурали угли**

Ассистент Ташкентский Государственный Транспортный Университет, 111110  
Ташкент, Мирабадский район, ул. Адылхаджаев 1, Республика Узбекистан

**Каршиев Каримберди Тавбаевич**

Ассистент Ташкентский Государственный Транспортный Университет, 111110  
Ташкент, Мирабадский район, ул. Адылхаджаев 1, Республика Узбекистан

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6638920>

**TECHNOLOGY FOR OBTAINING ENERGY-SAVING MAGNETIC COMPONENTS BASED ON  
POWDER COMPOSITE MATERIAL**

**Sulaymonov Utkirbek Bahodir ugli**

Assistent of Tashkent State Transport University, department of "Electrotechnical" 111110  
Tashkent, District: Mirabad Adilkhodjaev St.1, Uzbekistan.

Email: sulaymonov\_2020@bk.ru

**Hasanov Fozil Farhod ugli**

Assistent of Tashkent State Transport University, department of "Electrotechnical" 111110  
Tashkent, District: Mirabad Adilkhodjaev St.1, Uzbekistan.

**Berdiyev Ulmasbek Nurali ugli**

Assistent of Tashkent State Transport University, department of "Electrotechnical" 111110  
Tashkent, District: Mirabad Adilkhodjaev St.1, Uzbekistan.

**Karshiyev Karimberdi Tavbayevich**

Assistent of Tashkent State Transport University, department of "Electrotechnical" 111110  
Tashkent, District: Mirabad Adilkhodjaev St.1, Uzbekistan

**КУКУНЛИ КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛ АСОСИДАГИ ЭНЕРГИЯ САМАРАДОР МАГНИТ  
КОМПОНЕНТЛАРНИ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**Сулаймонов Ўткирбек Баходир ўғли**

Тошкент давлат транспорт университети ассистенти, Тошкент 111110, Миробод  
тумани, Адылхаджаев кўчаси1, Ўзбекистон Республикаси

Тошкент давлат техника университети, Тошкент, Ўзбекистон

Хасанов Фозил Фарход ўғли

Тошкент давлат транспорт университети ассистенти, Тошкент 111110, Миробод тумани, Адыхходжаев кўчаси1, Ўзбекистон Республикаси

Тошкент давлат техника университети, Тошкент, Ўзбекистон

Бердиёров Ўлмасбек Нурали ўғли

Тошкент давлат транспорт университети ассистенти, Тошкент 111110, Миробод тумани, Адыхходжаев кўчаси1, Ўзбекистон Республикаси

Тошкент давлат техника университети, Тошкент, Ўзбекистон

Каршиев Каримберди Тавбаевич

Тошкент давлат транспорт университети ассистенти, Тошкент 111110, Миробод тумани, Адыхходжаев кўчаси1, Ўзбекистон Республикаси

Тошкент давлат техника университети, Тошкент, Ўзбекистон

**Аннотация.** В данной статье представлена информация о разработке технологии получения энергоэффективных магнитных компонентов на основе порошкового композиционного материала в электротехнике. В последние годы ведутся работы по использованию различных энергосберегающих технологий в электротехнической промышленности на основе энергосберегающих технологий. Одной из таких работ является разработка сердечников статоров и роторов электрических машин из композиционных магнитомягких материалов на основе порошка железа и возможность достижения на их основе энергоэффективности.

**Annatation.** This article provides information on the development of a technology for obtaining energy-efficient magnetic components based on a powder composite material in electrical engineering. In recent years, work has been carried out on the use of various energy-saving technologies in the electrical industry based on energy-saving technologies. One of such works is the development of stator and rotor cores of electrical machines from composite magnetically soft materials based on iron powder and the possibility of achieving energy efficiency on their basis.

**Аннотация.** Ушбу мақолада электр машинасозликда кукунли композицион материал асосидаги энергия самарадор магнит компонентларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш буйича маълумотлар келтирилган. Кейинги йилларда энергия тежамкор технологиялар асосида электромашинасозлик саноатида ҳар хил энергия тежамкор технологияларни қўллаш устида ишлар олиб борилмоқда. Шу ишлардан бири темир кукуни асосида ишлаб чиқилган композицион магнит юмшоқ материаллардан электр машиналар статор ва ротор ўзакларини ишлаб чиқиш ва улар асосида энергия самарадорлигига эришиш мумкинлиги масалалари ёритилган.



**Ключевые слова:** железо, новые электротехнические материалы, композиционные мягкие материалы, электрическая сопротивлениа, ферромагниты, гистерезис, вихревые токи, элементы ротора и статора, энергосберегающие материалы.

**Key words.** iron, new electrical materials, composite soft materials, electrical resistance, ferromagnets, hysteresis, eddy currents, rotor and stator elements, energy-saving materials

Таянч сўзлар. Темир, янги электротехник материаллар, композицион магнит юмшоқ материаллар, электр қаршилиқ, ферромагнит, гистерезис, уурма тоқлар, ротор ва статор элементлари, энергия самарадор материаллар.

Кириш(Введение). Кейинги йилларда кўпгина илмий марказларда асосан темир асосидаги магнит юмшоқ бўлақлардан ва уларни электр изоляцияловчи қоплама билан қоплашга асосланган янги электротехник материалларни, ишлаб чиқиш ва уларни текшириш ҳамда улардан кейинчалик фойдаланиш натижасида исрофларнинг анча қисмини, яъни уурма тоқлардаги исрофларни тўлиқ бартараф қилиш мумкинлиги туғрисидаги ишлар жадал олиб борилмоқда [1,3].

Шунга асосан, композицион материалларнинг асосий хусусиятлари, яъни магнит сингдирувчанлик, магнит индукцияси, ўта магнитланишдаги исрофлар ва механик хусусиятлари амалда фойдаланиладиган ламинацияланган магнит металланикига нисбатан афзал бўлиши зарур.

Амалда қўлланиладиган материаллардан, масалан электротехник пўлатдан электротехник жихозларнинг энергетик параметрларини яхшилашнинг имкони йўқ, шунинг учун янги композицион материалларни ишлаб чиқиш ва уларни электр жихозлар ўзакларини тайёрлашда фойдаланиш асосида магнит майдонни ўзгартириш талаб этилади [2,3].

Ҳозирги кунда электр транспорт соҳасида рақобатлашиш учун ўзининг техник ва юриш характеристикалари бўйича инновацион бўлиб қолмасдан нарх соҳасида ҳам сезиларли бўлган автомобиллар ишлаб чиқаришга ҳам имкон бариши лозим. Яъни уларда қўлланиладиган электр машиналар конструкциясини яхшилаш ва ўзгартириш учун унинг параметрлари ҳам статор ва ротор тайёрланган материалларга катта боғлиқ бўлади. Бунинг учун электр машиналар элементларини тайёрлашда замонавий технологиялардан фойдаланиш натижасида самарадорликка эришиш мумкин.

Юқоридагиларга асосан, темир кукунини юпқа қатламли оксид қоплама билан капсуллаш усули ёрдамида оксид қопламасини механик бириктириш билан амалга ошириш натижасида сульфат ва нитрид металлларини ёйиш ва газли оксид қопламасини қўллаш сифатсиз қопламани ҳосил қилади ва бу кам самарали ҳисобланади [4,5].

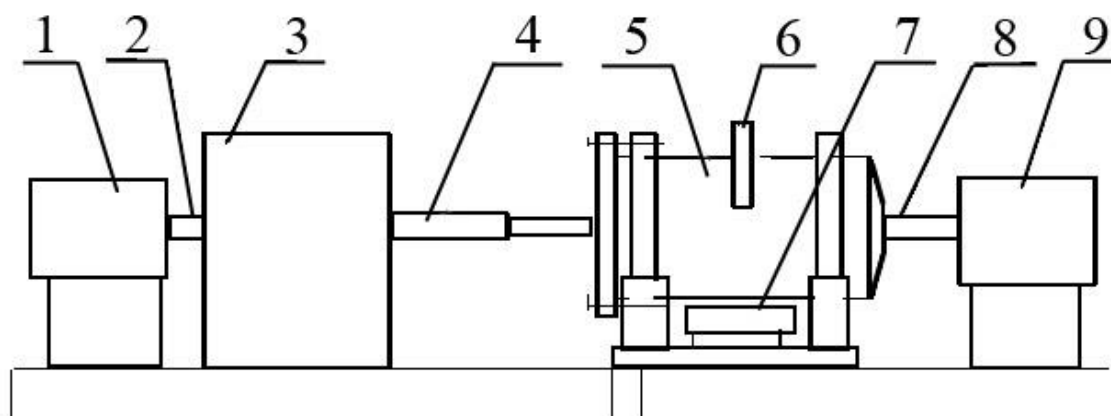
Шунга асосан, темир бўлаги юзасини қоплаш учун комбинациялашган усулда оксидли қопламани олиш усули таклиф қилинади. Таклиф этилаётган бу усулда куриб чиқилган усулларни комбинациялашган усулда фойдаланишдан иборат.

Метод(Методология). Оксидли фосфор асосида изоляцияловчи қопламани қўллаш усули мазкур ишда фойдаланиш масаласини ҳал қилишда композитли магнит юмшоқ материаллардан тайёрлашга асосланади, бунда бирламчи метал кукунига босими 0,15-1,5 Па бўлган айланувчи вакуумлашган барабанга бириктирувчини 150-200° С да эриш температурасигача қизитиш ва бириктирувчини материалга 10-15 минут давомида бир текисда тақсимлангунча айлантирилади, бунда композицион материал таркибининг 0,01 дан 0,1% гача қисмини бириктирувчи ташкил этади [5,6].

Ҳисоблаш ва тажриба маълумотларига кўра, изоляцияловчи қопламанинг қалинлиги ва бирламчи темир кукуни қисми улчамларининг олиндиған композицион материалга боғланишини икки синфга ажратиш мумкин: паст частотали ( $f < 1$  кГц) ва юқори частотали ( $f > 1$  кГц). Қисмларга ажратилгандан кейин темир қисми юзасига изоляцион қатлам қопланади [5,7].

Усулнинг маъноси 1-расм асосида тушунтирилади, унда магнит юмшоқ материални тайёрлаш технологияси келтирилган. У вакуум насоси электр юритмаси (1), бириктириш муфтаси (2), вакуум насоси (3), ҳаракатланувчи вакуум ажратгичи (4), композицион магнит юмшоқ материал жойлаштирилган барабан (5), температура датчиги (6), иситгич (7) ва реактор электр юритмаси (8) лардан иборат.

Биринчи босқичда бириктирувчи шарли тегирмонда ёки бошқа аралаштиргичда изоляцияланган темир кукунини аралаштириш йўли билан киритилади. Бирикма билан тайёрланган композицион материал барабан ичига жойлаштирилади. Бундан кейин вакуум насоси қўшилади, барабан ичидаги ҳавонинг босими материал билан 0,15 – 1,5 Па гача пасайтирилади. Талаб этилган босимга эришилгандан кейин иситгич қўшилади ва 15-30 дақиқа давом эттирилади. Магнит юмшоқ материалнинг совуши иситгични учиргандан кейин вакуумни сақлаган ҳолда амалга оширилади. [6,7].



### 1-расм. – Кукун юзасига изоляцияловчи қопламани қоплаш учун реактор

Мазкур усулнинг мавжудларига нисбатан афзалликлари бириктиргич таркибининг 0,01 -0,1% гача пасайиши ҳисобланади, кейинчалик 7,5 – 7,65 г/см<sup>3</sup> зичликдаги магнит юмшоқ композицион материалдан сифатли прессланган ва юқори магнит хусусиятларга эга бўлган буюм олиш учун фойдаланилади [3, 5,7].

Металл кукуни қисми юзасига фосфор оксидини қоплаш учун тавсия этилаётган бу усул модификация қилинган. Қоплаш усули ўзига бирламчи металл кукуни аралашманинг берилган миқдори билан олдиндан таркибига ортофосфорли кислотали спиртли аралашма билан этил спиртини 40%Н<sub>3</sub>Р<sub>04</sub> +60% миқдорда аралаштирилади.

Кейинги босқичда тайёрланган кукун изоляцион қопламани тайёрлаш учун реакторга жойлаштирилади (1расм). Кукуни қушимча реакцион аралашма билан реакцион барабанда 105 дан 106 Па гача босимда, 150-200 °С температурада 15-30 дақиқа қайта ишланади.

Натижада темир қисми юзасида феррит бирикмалари ва фосфат таркиби буйича мураккаб қоплама ҳосил бўлади. Оксид қопламанинг кимёвий таркиби буйича темир оксидларининг мураккаб тизими FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ва фосфор оксиди P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ни ташкил этади. Шу билан бирга углерод ва кремнийлардан кўп бўлмаган миқдорларда иштирок этади. Темир қисмидаги изоляция қатламининг қалинлиги кукуни қайта ишлаш вақтига ортофосфорли кислота ва спиртли аралашманинг таркибига ҳам боғлиқ бўлади [3,5,6].

Кейинчалик металл кукунига зарур бўлган ҳар хил қалинликдаги қопламани олиш учун қоплаш жараёни 2, 3 ва 4 марталаб такрорланади.

Натижа(Результаты). Металл кукунини оксид қатлами билан қоплаш учун таклиф этилаётган капсулалаш усули юқори самарали усул ҳисобланади, амалда охириги қиймати ўзгармайдиган ва берилган таркибдаги қопламани олиш учун муҳим магнитли ва электр хусусиятли керакли магнит магнитодинамик қотишмалар олиш учун амалиётда кенг қулланилиши мумкин [5,8].

Хулоса(Заключение). Тажриба асосида олинган материаллар электротехник пулатни алмаштириш имконини беради ва электр моторлари параметрларини сезиларли даражада яхшилади ва масса-габарит ўлчамларини камайтиради, исрофларни ва жихознинг нархини пасайтиради.

#### Список литературы

1. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: учеб. пособие/ В.Н. Анциферов и др.; под общ. ред. Б.С. Митина. – М.; Металлургия, 1987. – 792 с.
2. Либенсон Г.А. Процессы порошковой металлургии: учеб. пособие в 2-х т. Т. 1. / Г.А. Либенсон, В.Ю. Лопатин, Г.В. Комарницкий. – М.; «МИСИС», 2001. – 368 с.



3. Говор Г.А., Вечер А.К., Бердиев У.Т., Пирматов Н.Б., Карабаев А., Хасанов Ф.Ф. Магнитно-мягкие материалы на основе железа используемые в электромашиностроение, Вестник ТашИИТа, 2019 г. №3, стр 212-218.

4. Vetcher A., Govor G., Demidenko O., Popescu A. M., Constantin V., Berdiev U., A composite magnetic material with insulating anticorrosive coatings. VI-International scientific conference material science "Nonequilibrium phase transformations", 07-10 September, 2020, Varna, Bulgaria. –p

5. У.Т.Бердиев, Н.Б.Пирматов, А.К.Вечер, Ф.Ф.Хасанов. «Магнитные и электрические свойства композиционных магнитомягких материалов и использование их для электромашиностроение» Монография, Ташкент-2021 г.

6. Рахман, К.М.; Патель, Н.Р.; Уорд, Т.Г.; Nagashima, J.M.; Caricchi, F; Crescimbin, F. Применение колесного двигателя с прямым приводом для электрической и гибридной двигательной установки на топливных элементах. IEEE Trans. Ind. Appl. 2006, 42,1185-1192.

7. Демиденко, О.Ф. Магнитные и электрические свойства твердых растворов  $Mn_{1-x}MxSe$  (M – Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni): диссерт. канд. физ.-мат.наук: 01.04.07 / О.Ф. Демиденко – Минск, 2008. – 102 л.

8. Вечер, А.К. Новые композиционные материалы и их применение в электронной технике / А.К. Вечер // Наука и инновации. – 2017. – № 4 (170). – С. 23–24.

9. Akhmedov, A. The influence of production conditions on the electrophysical parameters of piezoceramics for different applications / Akhmedov, A., Sauchuk, G., Yurkevich, N., Khudoyberganov, S., Bazarov, M., Karshiev, K. // E3S Web of Conferences, 2021, 264, 04020.

10. Сабиров, А. К. Эмиссионные свойства сплава Ta-Hf / А. К. Сабиров, С. Б. Худойберганов // Точная наука. – 2019. – № 40. – С. 7-8.

### References

1. Powder metallurgy and sawn coatings: textbook. allowance / V.N. Antsiferov and others; under total ed. B.S. Mitin. – M.; Metallurgy, 1987. - 792 p.

2. Libenson G.A. Processes of powder metallurgy: textbook. allowance in 2 volumes. T. 1. / G.A. Libenson, V.Yu. Lopatin, G.V. Komarnitsky. – M.; "MISIS", 2001. - 368 p.

3. Govor G.A., Vecher A.K., Berdiev U.T., Pirmatov N.B., Karabaev A., Khasanov F.F. Magnetically soft iron-based materials used in electrical engineering, Bulletin of TashIIT, 2019 No. 3, pp. 212-218.

4. Vetcher A., Govor G., Demidenko O., Popescu A. M., Constantin V., Berdiev U., A composite magnetic material with insulating anticorrosive coatings. VI-International scientific conference material science "Nonequilibrium phase transformations", 07-10 September, 2020, Varna, Bulgaria. -R

5. U.T.Berdiev, N.B.Pirmatov, A.K.Vecher, F.F.Khasanov. "Magnetic and electrical properties of composite magnetically soft materials and their use for electrical engineering" Monograph, Tashkent-2021



6. Rahman, K.M.; Patel, N. R.; Ward, T. G.; Nagashima, J.M.; Caricchi, F; Crescimbin, F. Direct Drive Wheel Motor Application for Electric and Hybrid Fuel Cell Propulsion. IEEE Trans. Ind. Appl. 2006, 42,1185-1192.

7. Demidenko, O.F. Magnetic and electrical properties of solid solutions  $Mn_{1-x}M_xSe$  (M - Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni): dissertation. cand. Physics and Mathematics: 01.04.07 / O.F. Demidenko - Minsk, 2008. - 102 p.

8. Evening, A.K. New composite materials and their application in electronic technology / A.K. Evening // Science and innovations. - 2017. - No. 4 (170). - P. 23-24.

9. Akhmedov, A. The influence of production conditions on the electrophysical parameters of piezoceramics for different applications / Akhmedov, A., Sauchuk, G., Yurkevich, N., Khudoyberganov, S., Bazarov, M., Karshiev, K. // E3S Web of Conferences, 2021, 264, 04020.

10. Сабиров, А. К. Эмиссионные свойства сплава Ta-Hf / А. К. Сабиров, С. Б. Худойберганов // Точная наука. - 2019. - № 40. - С. 7-8.

#### **Фойдаланилган адабиётлар**

1. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: учеб. пособие / В.Н. Анциферов и др.; под общ. ред. Б.С. Митина. - М.; Металлургия, 1987. - 792 с.

2. Либенсон Г.А. Процессы порошковой металлургии: учеб. пособие в 2-х т. Т. 1. / Г.А. Либенсон, В.Ю. Лопатин, Г.В. Комарницкий. - М.; «МИСИС», 2001. - 368 с.

3. Говор Г.А., Вечер А.К., Бердиев У.Т., Пирматов Н.Б., Карабаев А., Хасанов Ф.Ф. Магнитно-мягкие материалы на основе железа используемые в электромашиностроение, Вестник ТашИИТа, 2019 г. №3, стр 212-218.

4. Vetcher A., Govor G., Demidenko O., Popescu A. M., Constantin V., Berdiev U., A composite magnetic material with insulating anticorrosive coatings. VI-International scientific conference material science "Nonequilibrium phase transformations", 07-10 September, 2020, Varna, Bulgaria. -p

5. У.Т.Бердиев, Н.Б.Пирматов, А.К.Вечер, Ф.Ф.Хасанов. «Магнитные и электрические свойства композиционных магнитомягких материалов и использование их для электромашиностроение» Монография, Ташкент-2021 г.

6. Рахман, К.М.; Патель, Н.Р.; Уорд, Т.Г.; Nagashima, J.M.; Caricchi, F; Crescimbin, F. Применение колесного двигателя с прямым приводом для электрической и гибридной двигательной установки на топливных элементах. IEEE Trans. Ind. Appl. 2006, 42,1185-1192.

7. Демиденко, О.Ф. Магнитные и электрические свойства твердых растворов  $Mn_{1-x}M_xSe$  (M - Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni): диссерт. канд. физ.-мат.наук: 01.04.07 / О.Ф. Демиденко - Минск, 2008. - 102 л.

8. Вечер, А.К. Новые композиционные материалы и их применение в электронной технике / А.К. Вечер // Наука и инновации. - 2017. - № 4 (170). - С. 23-24.



9. Akhmedov, A. The influence of production conditions on the electrophysical parameters of piezoceramics for different applications / Akhmedov, A., Sauchuk, G., Yurkevich, N., Khudoyberganov, S., Bazarov, M., Karshiev, K. // E3S Web of Conferences, 2021, 264, 04020.

10. Сабилов, А. К. Эмиссионные свойства сплава Та-НН / А. К. Сабилов, С. Б. Худойберганоу // Точная наука. – 2019. – № 40. – С. 7-8.