

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2026-52-92-94>

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО УПЛОТНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Перевай Т.А., Стреляная Ю.О., Бут А.Ю.

Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

Ключевые слова: энергоэффективность, энергетические затраты, порошковый материал, нагрев, энергопотребления, электроконтактное уплотнение, коэффициент полезного действия.

Аннотация. В условиях современного промышленного производства актуальной задачей становится оптимизация энергетических затрат и повышение эффективности технологических процессов, особенно при производстве изделий из порошковых материалов. В данной статье исследуется применение электроконтактного уплотнения в сравнении с традиционными методами обработки, включая реакционное спекание, искровое плазменное, высокочастотный, сверхвысокочастотный нагрев, атмосферное спекание и спекание сверхвысоким давлением. Исследование основано на анализе экономической эффективности различных технологий. Результаты показывают, что электроконтактное уплотнение обладает преимуществами по сравнению с альтернативными методами. Так, формирование 1 кг стали марки 110Г13П методом электроконтактного уплотнения требует лишь 0,8 кВт·ч, что существенно меньше, чем 3,2 кВт·ч для реакционного спекания и 7 кВт·ч для спекания сверхвысоким давлением.

ENERGY EFFICIENCY OF ELECTROCONTACT SEALING IN THE PRODUCTION OF POWDER PRODUCTS

Perevay T.A., Strelyanaya Yu.O., But A.Yu.

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

Keywords: energy efficiency, energy consumption, powder material, heating, energy consumption, electrocontact sealing, efficiency coefficient.

Abstract. In the conditions of modern industrial production, the optimization of energy costs and increasing the efficiency of technological processes, especially in the production of products from powder materials, becomes an urgent task. This article explores the use of electrocontact sealing in comparison with traditional processing methods, including reaction sintering, spark plasma, high-frequency, ultrahigh-frequency heating, atmospheric sintering and ultrahigh-pressure sintering. The study is based on an analysis of the economic efficiency of various technologies. The results show that electrocontact sealing has advantages over alternative methods. Thus, the formation of 1 kg of 110G13P grade steel by the electrocontact sealing method requires only 0.8 kWh, which is significantly less than 3.2 kWh for reaction sintering and 7 kWh for ultrahigh pressure sintering.

Сокращение энергозатрат и повышение экономической эффективности производства – это взаимосвязанные задачи, стоящие перед современным производством в условиях растущих цен на энергию и возрастающей конкуренции. Решение этих задач требует комплексного подхода, охватывающего технологическую модернизацию, оптимизацию производственных процессов и внедрение эффективных систем управления энергопотреблением. Ключевым аспектом энергоэффективности является использование современных технологий и материалов. В строительстве это

выражается в применении теплоизоляционных материалов, проектировании зданий с учетом естественного освещения и вентиляции. В промышленности внедрение энергоэффективного оборудования, оптимизация производственных процессов.

Данная статья посвящена анализу эффективности методов при производстве изделий из порошковых материалов. Основная цель исследования – определения преимуществ электроконтактного уплотнения (ЭКУ) перед традиционными методами, такими как реакционное, плазменное, высокочастотный (ВЧ), сверхвысокочастотный (СВЧ), атмосферное спекание и спекание сверхвысоким давлением (СВД), в части энергетической эффективности и экономической рентабельности. В работах [1-3] рассмотрен метод электроконтактного уплотнения и его основные характеристики. Анализируя данный метод получили, что показатель коэффициента полезного действия – более 80%, это значительно превосходит другие методы (например, атмосферное спекание – около 40-45%). Такой высокий уровень преобразования электроэнергии в тепло приводит к минимизации энергетических потерь, связанных в основном с нагревом электродов, в отличие от других технологий, где значительные потери возникают из-за нагрева окружающей среды и излучения. В таблице 1 представлено энергозатраты при формировании одного килограмма стали 110Г13П различными методами, например, методом электроконтактного уплотнения составляют всего 0,8 кВт·ч, что в разы меньше по сравнению с реакционным спеканием (3,2 кВт·ч) и спеканием СВД (7 кВт·ч). Экономия на энергии при массовом производстве достигает десятков и сотен тысяч рублей, что делает метод привлекательным не только с технической, но и с экономической точек зрения.

Табл. 1. Энергозатраты на формирование 1 кг стали (кВт·ч/кг)

Метод	Энергопотребление	Физическое обоснование
ЭКУ	0,8	Локальный нагрев током, КПД >80%
Реакционное спекание	3,2	Низкие температуры (1100-1300°C), но длительный цикл (2-4 ч) + затраты на газ-реагент
Искровое плазменное спекание	3,5	Высокий КПД плазмотрона (60-70%), но потери на вакуумную систему
ВЧ спекание	2,8	Индукционный нагрев (КПД 65-75%), потери через излучение
СВЧ	2,3	Прямой нагрев материала (КПД 70-75%), ограничено диэлектриками
Атмосферное спекание	4	Аналог свободного спекания (длительный нагрев в печи)
Спекание сверхвысоким давлением	7	Экстремальное давление (5-10 ГПа) + нагрев, высокие затраты на гидросистему

Данное исследование подчеркивает важность внедрения энергоэффективных технологий для уменьшения производственных затрат, повышения экологической устойчивости и ресурсосбережения.

Стоимость энергии на производство одной детали («седло клапана» массой 0,5 кг) при использовании ЭКУ составляет 2,4 руб., тогда как при атмосферном спекании – 12 руб., а при спекании СВД – 21 руб. При производстве партии в 10000 деталей экономия электроэнергии при использовании ЭКУ может достигать десятков и сотен тысяч рублей, что делает этот метод экономически привлекательным.

Сравнение коэффициента полезного действия различных методов показывает, что ЭКУ характеризуется наивысшим показателем (80-85%), тогда как атмосферное спекание – всего 40-45%. Основные потери в ЭКУ связаны с нагревом электродов, в то время как в других методах потери энергии происходят из-за нагрева окружающей среды, излучения и необходимости вакуумной обработки. Таким образом, применение электроконтактного уплотнения позволяет значительно снизить энергозатраты, повысить экономическую эффективность производства.

Список литературы / References

1. Litvinova T.A., Egorov S.N. Effect of iron powder preparation method on powder steel compact formation during electric-contact compaction // Metallurgist. 2015, vol. 59, no. 3-4, pp.236-240.
2. Litvinova T.A., Egorov S.N. Dependence of the strength of powder steel formed by electro-contact compaction on iron powder preparation method // Metallurgist. 2018, vol. 61, no. 11-12, pp. 977-981.
3. Литвинова Т.А. Формирование порошковой стали методом электроконтактного уплотнения: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Новочеркасск, 2010. – 170 с.
3. Litvinova T.A. The formation of powder steel by the method of electrocontact sealing: Abstract of the diss. ... cand. of tech. sc. – Novocherkassk, 2010. –170 p.

Перевай Татьяна Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровое проектирование»	Perevay Tatiana Anatolievna —candidate of technical sciences, associate professor of the Department of digital design
Стреляная Юлия Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровое проектирование»	Strelyanaya Yulia Olegovna –candidate of technical sciences, associate professor of the Department of digital design
Бут Александр Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровое проектирование» aybut@mail.sevsu.ru	But Aleksandr Yurievich —candidate of technical sciences, associate professor of the Department of digital design

Received 06.02.2026