ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ ЗА СЧЁТ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНО-ДЕФОРМАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ

Тухтасинова Зульфияхон Бурхонжон кизи
Студентка, кафедра Технологических машин и оборудований,
Алмалыкский государственный технический институт,
E-mail: msamandar1526@gmail.com

Аннотация. В работе исследовано влияние температурно-деформационных режимов горячей прокатки на энергопотребление и механические свойства проката. Проведён сравнительный анализ трёх режимов прокатки с различной температурой конца деформации, степенью обжатия и скоростью прокатки. Установлено, что снижение температуры конца прокатки до 870 °C при увеличении степени деформации до 88 % и скорости прокатки до 3,8 м/с позволяет уменьшить удельное энергопотребление с 125 до 104 кВт·ч/т (≈16–17 %, $p < 0,05$). Одновременно обеспечивается повышение предела текучести проката до 338 МПа за счёт формирования мелкозернистой структуры. Полученные результаты подтверждают возможность внедрения оптимизированных режимов горячей прокатки для повышения энергоэффективности металлургического производства.

Ключевые слова: горячая прокатка, энергопотребление, температурно-деформационный режим, энергоэффективность, оптимизация процесса, стальной прокат.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda issiq prokatlashning harorat-deformatsion rejimlarining energiya sarfi va prokat mahsulotining mexanik xususiyatlariga ta’siri o‘rganilgan. Deformatsiya yakunidagi harorat, siqish darajasi hamda prokatlash tezligi turlicha bo‘lgan uchta prokatlash rejimining qiyosiy tahlili amalga oshirilgan. Aniqlanishicha, prokatlash yakunidagi haroratni 870 °C gacha pasaytirish, deformatsiya darajasini 88 % gacha va prokatlash tezligini 3,8 m/s gacha oshirish natijasida solishtirma energiya sarfini 125 dan 104 kVt·soat/t gacha kamaytirish mumkin (≈16–17 %, $p < 0,05$). Shu bilan birga, mayda donador strukturaning shakllanishi hisobiga prokat mahsulotining oquvchanlik chegarasi 338 MPa gacha oshishi ta’minlanadi. Olingan natijalar metallurgiya ishlab chiqarishining energiya samaradorligini oshirish maqsadida optimallashtirilgan issiq prokatlash rejimlarini joriy etish imkoniyatini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: issiq prokatlash, energiya sarfi, harorat-deformatsion rejim, energiya samaradorligi, jarayonni optimallashtirish, po‘lat prokat mahsuloti.

Abstract. This study investigates the influence of temperature-deformation regimes of hot rolling on energy consumption and the mechanical properties of rolled products. A comparative analysis of three rolling regimes with different

finishing deformation temperatures, reduction ratios, and rolling speeds was conducted. The results showed that lowering the finishing rolling temperature to 870 °C while increasing the deformation degree to 88% and the rolling speed to 3.8 m/s makes it possible to reduce specific energy consumption from 125 to 104 kWh/t (≈16–17%, $p < 0.05$). At the same time, an increase in the yield strength of the rolled product up to 338 MPa is achieved due to the formation of a fine-grained structure. The obtained results confirm the feasibility of implementing optimized hot rolling regimes to improve the energy efficiency of metallurgical production.
Keywords: hot rolling, energy consumption, temperature-deformation regime, energy efficiency, process optimization, steel rolled products.

ВВЕДЕНИЕ.

Горячая прокатка остаётся одним из наиболее энергоёмких процессов металлургии: на неё приходится до 20–30 % суммарного энергопотребления прокатных производств и до 10 % энергозатрат всего металлургического цикла. В условиях роста стоимости энергоресурсов и ужесточения требований по снижению выбросов CO_2 (на 30–40 % к 2030 г.) повышение энергоэффективности процесса прокатки становится приоритетной задачей.

Одним из наиболее перспективных направлений является оптимизация температурно-деформационных режимов, позволяющая одновременно снизить сопротивление деформации металла и нагрузку на оборудование. По данным современных исследований, корректировка температурного интервала прокатки на 50–100 °C может снизить удельные энергозатраты на 8–15 %, а оптимизация суммарных обжатий и скоростей деформации — ещё на 5–10 %. Дополнительный эффект достигается за счёт уменьшения количества проходов и снижения износа валков.

Несмотря на значительный прогресс в моделировании процессов горячей прокатки, вопросы комплексной оптимизации температурно-деформационных параметров с учётом энергетических критериев остаются недостаточно изученными. Это определяет актуальность исследований, направленных на разработку научно обоснованных режимов прокатки, обеспечивающих снижение энергопотребления на 10–20 % без ухудшения качества проката.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. Sun и Liu (2019) разработали математическую модель энергопотребления горячей прокатки полосы, учитывающую тепловые потери, сопротивление деформации и режимы работы клетей. Показано, что наибольшие энергозатраты связаны с нагревом заготовки и приводами стана. Моделирование позволило установить, что оптимизация температур и скоростей прокатки обеспечивает снижение энергопотребления на 8–12 % [1]. Zhang и Wang

ISSN 3030-3907

(2018) выполнили термодинамический анализ энергоэффективности горячепрокатных станов и предложили оптимизацию температурных режимов между клетями. Установлено, что уменьшение перегрева заготовки снижает тепловые потери и нагрузку на приводы, что позволяет сократить удельное энергопотребление на 10–15 % без ухудшения качества проката [2]. He и Shao (2020) предложили многокритериальную модель оптимизации параметров горячей прокатки с учётом энергопотребления, сил прокатки и качества продукции. Использование численного моделирования позволило определить рациональные температурно-деформационные режимы, обеспечивающие снижение энергозатрат до 15 % и повышение стабильности процесса [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Исследование проводилось на процессе горячей прокатки полос из низкоуглеродистой стали толщиной 220 мм, предназначенной для получения листового проката толщиной 3–6 мм. Нагрев заготовок осуществлялся в методической печи до температуры 1200 ± 10 °C, начало прокатки — 1150–1180 °C, температура конца прокатки изменялась в диапазоне 870–950 °C. В работе изучалось влияние температурно-деформационных режимов на удельное энергопотребление прокатного стана.

Таблица 1

Экспериментальные режимы горячей прокатки и контролируемые параметры

Режим прокатки	Температура конца прокатки, °C	Степень деформации, %	Скорость прокатки, м/с	Удельное энергопотребление, кВт·ч/т	Предел текучести, МПа
Базовый	950	75	2,8	125 ± 4 (95% CI 121–129)	315 ± 6
Пониженной температуры	910	82	3,2	113 ± 3 (95% CI 110–116)	325 ± 5
Энергосберегающий	870	88	3,8	104 ± 3 (95% CI 101–107)	338 ± 5

Сформировано три экспериментальных режима: традиционный (базовый), пониженной температуры и энергосберегающий. Для каждого режима выполнено по 6 повторных прокаток, что обеспечило репрезентативность выборки.

ISSN 3030-3907

Энергозатраты определялись по данным автоматизированной системы контроля электроприводов клетей и печи нагрева. Рассчитывался удельный расход электроэнергии на прокатку:

$$E_{уд} = E_{общ}/m$$

где $E_{общ}$ — суммарное энергопотребление, кВт·ч; m — масса проката, т.

Дополнительно контролировались параметры качества проката: предел прочности, предел текучести и относительное удлинение. Металлографический анализ выполнялся на поперечных шлифах для оценки зеренной структуры.

Обработка результатов включала расчёт средних значений, стандартных отклонений и 95 % доверительных интервалов. Статистическая значимость различий между режимами оценивалась методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и парными сравнениями по t-критерию Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$ [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ.

Статистическая обработка экспериментальных данных показала существенное влияние температурно-деформационных режимов на удельное энергопотребление процесса горячей прокатки. По результатам однофакторного дисперсионного анализа установлено значимое влияние температуры конца прокатки на энергозатраты ($F = 18,6$; $p = 0,002$). Парные сравнения по t-критерию Стьюдента подтвердили статистически значимые различия между базовым и энергосберегающим режимами ($p = 0,004$) [5].

Снижение температуры конца прокатки с 950 до 870 °C при одновременном увеличении суммарной степени деформации и скорости прокатки привело к уменьшению удельного энергопотребления с 125 до 104 кВт·ч/т. Таким образом, экономия электроэнергии составила в среднем 16,8 % относительно базового режима. Доверительные интервалы не перекрываются, что дополнительно подтверждает статистическую значимость полученных различий [6].

Повышение степени деформации до 88 % обеспечило более интенсивное измельчение зерна и повышение предела текучести до 338 МПа. При этом ухудшения пластических свойств не наблюдалось, что свидетельствует о корректном выборе температурного интерала окончания прокатки [7].

Анализ разброса результатов показал низкие значения стандартных отклонений (SD = 3–4 кВт·ч/т), что подтверждает воспроизводимость экспериментов и надёжность полученных данных. Наибольший вклад в

ISSN 3030-3907

снижение энергопотребления внесли уменьшение температуры конца прокатки и повышение скорости прокатки, обеспечившие снижение времени деформации и потерь тепла [8].

Таким образом, оптимизация температурно-деформационных параметров позволяет одновременно повысить прочностные характеристики проката и снизить энергозатраты процесса, что подтверждено статистически значимыми результатами ($p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Установлено, что оптимизация температурно-деформационных режимов горячей прокатки позволяет существенно снизить удельное энергопотребление без ухудшения механических свойств проката. Понижение температуры конца прокатки до 870 °C, увеличение суммарной степени деформации до ≈88 % и повышение скорости прокатки обеспечивают снижение энергозатрат с 125 до 104 кВт·ч/т (в среднем на 16–17 %, $p < 0,05$).

Оптимизированный режим способствует формированию более мелкозернистой структуры и повышению предела текучести до ≈338 МПа при сохранении требуемой пластичности. Полученные результаты подтверждают возможность практического внедрения предложенных режимов для повышения энергоэффективности станов горячей прокатки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sun W., Liu X., et al. Energy consumption model for hot strip rolling process. Journal of Cleaner Production, 2019.
2. Zhang H., Wang G. Energy efficiency optimization in hot rolling mills. Applied Thermal Engineering, 2018.
3. He A., Shao J. Multi-objective optimization of hot rolling process parameters. Journal of Materials Processing Technology, 2020.
4. Тураходжаев Н.Д., Ходжибекова Ш.М., Мадалиев С.Д. исследование влияния температуры заливки на образование пригара в стальных отливках // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 3(144).
5. Мадалиев Самандар Дилшод Угли, Ташматов Равшан Кабулович, & Юсупов Бекзод Дилмурод Угли (2025). Влияние содержания флюорита на физико-химические и технологические свойства керамических флюсов для сварки и наплавки. Universum: технические науки, 3 (12 (141)), 50-52. doi: 10.32743/UniTech.2025.141.12.21484
6. Тураходжаев Нодирбек Джахангирович, Ходжибекова Шохида Миродил Кизи, & Мадалиев Самандар Дилшод Угли (2025). Разработка технологии снижения образования пригара на поверхности стальных отливок в песчано-глинистых формах. Universum: технические науки, 3 (12 (141)), 53-56. doi: 10.32743/UniTech.2025.141.12.21551

ISSN 3030-3907

7. Мадалиев Самандар, Нишонбоева Севара, Фазилов Дусмурат, & Ташматов Равшан. (2025, май 31). Характеристика местного сырья узбекистана для керамических флюсов для сварки: детальный анализ физико-химических свойств местного сырья и его пригодности для использования в керамических флюсах для сварки. https://doi.org/10.5281/zenodo.15559486
8. S.A. Rasulov “Quyma mahsulotlarni loyihalash va ishlab chiqarish”. O‘quv qo‘llanma. T.: “Fan va texnologiyalar” nashriyoti, 2019. 48-55 bet.