

УДК 620.1.051+ 669-122.2

Развитие метода определения коэффициента трения при холодной листовой прокатке

В.А. Томило¹, С.В. Пилипенко², А.В. Дудан², О.П. Штемпель², Т.В. Вигерина²

¹Белорусский государственный технический университет (БНТУ),
пр. Независимости, 65, г. Минск 220013, Беларусь

²Полоцкий государственный университета имени Евфросинии Полоцкой,
ул. Блохина, д. 29, г. Новополоцк 211443, Витебская обл., Беларусь

Поступила в редакцию 21.01.2024.

После доработки 15.04.2025.

Принята к публикации 21.04.2025.

Развит экспериментальный метод определения коэффициента трения в процессах обработки металлов давлением, с применением универсальной машины трения. Такой метод позволяет эффективным способом сравнивать смазывающие способности различных эмульсий. Эксперименты проводились на универсальной машине трения MMW-1А. Для исследований отобраны образцы холоднокатаной полосы 0,09 мм (сталь TS-435, аналог 08пс) и образец материала валков стана холодной прокатки особо тонких листов, типа RCM-1250 (сталь 60С2ХФА). Кроме оптимизации методики проведения подобных экспериментов, определялся характер влияния pH СОЖ на коэффициент трения. Условия трения — полужидкостное трение. Подтверждена целесообразность использования кольцевых образцов пары толщиной в $S = 4$ мм и более. Выяснено, что время проведения эксперимента должно быть соизмеримо с длительностью исследуемого процесса обработки металлов давлением. Для холодной тонколистовой прокатки, наиболее целесообразно проводить ряд 4—5-ти секундных экспериментов. Обработка экспериментальных данных показала, что, повышение значений pH СОЖ приводит к увеличению коэффициента трения. Полученные результаты могут быть полезными при расчёте энергосиловых параметров холодной прокатки полос, при расчёте маршрутов прокатки и оптимизации применяемых СОЖ в процессах холодной деформации металлов.

Ключевые слова: холодная прокатка, особо тонкие полосы, угол захвата, коэффициент трения, полужидкостное трение, сухое трение, машина трения.

DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-121-126

Адрес для переписки:

С.В. Пилипенко
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
ул. Блохина, д. 29, г. Новополоцк 211443, Витебская обл., Беларусь
e-mail: 44-08@mail.ru

Для цитирования:

В.А. Томило, С.В. Пилипенко, А.В. Дудан, О.П. Штемпель,
Т.В. Вигерина.

Развитие метода определения коэффициента трения при холодной листовой прокатке.

Трение и износ.

2025. — Т. 46, № 2. — С. 121—126.

DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-121-126

Address for correspondence:

S.V. Pilipenko
Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk,
st. Blokhina, 29, Novopolotsk 211443, Vitebsk region, Belarus
e-mail: 44-08@mail.ru

For citation:

V.A. Tomilo, S.V. Pilipenko, A.V. Dudan, O.P. Shtempel, and
T.V. Vigerina.

[Development of a Method for Determining the Coefficient of Friction in Cold Sheet Rolling].

Trenie i Iznos.

2025, vol. 46, no. 2, pp. 121—126 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-121-126

Development of a Method for Determining the Coefficient of Friction in Cold Sheet Rolling

V.A. Tomilo¹, S.V. Pilipenko², A.V. Dudan², O.P. Shtempel², and T.V. Vigerina²

¹Belarusian National Technical University (BNTU),
pr. Nezavisimosti, 65, Minsk 220013, Belarus

²Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk,
st. Blokhina, 29, Novopolotsk 211443, Vitebsk region, Belarus

Received 21.01.2025.

Revised 15.04.2025.

Accepted 21.04.2025.

Abstract

An experimental method for determining the friction coefficient in metal forming processes using a universal friction machine has been developed. This method allows to compare the lubricating ability of different emulsions in an efficient way. The experiments were carried out on the universal friction machine MMW-1A. Samples of cold-rolled strip 0,09 mm (steel TS-435, analogue 08ps) and a sample of rolls material of cold rolling mill of especially thin sheets, type RCM-1250 (steel 60X2HFA) were selected for research. Besides optimization of the methodology of such experiments, the character of the influence of coolant pH on the friction coefficient was determined. Friction conditions — semi-liquid friction. The expediency of using annular samples of the pair with thickness in $S = 4$ mm and more was confirmed. It has been found out that the time of carrying out the experiment should be commensurable with the duration of the investigated process of metal pressure treatment. For cold thin sheet rolling, it is most appropriate to conduct a series of 4—5-second experiments. The processing of experimental data has shown that the increase in pH values of coolant leads to an increase in the friction coefficient. The obtained results can be useful for calculation of energy and power parameters of cold rolling of strips, for calculation of rolling routes and optimization of applied coolants in processes of cold deformation of metals.

Keywords: cold rolling, extra thin strips, gripping angle, friction coefficient, semi-liquid friction, dry friction, friction machine.

DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-121-126

Адрес для переписки:

С.В. Пилипенко
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
ул. Блохина, д. 29, г. Новополоцк 211443, Витебская обл., Беларусь
e-mail: 44-08@mail.ru

Для цитирования:

В.А. Томило, С.В. Пилипенко, А.В. Дудан, О.П. Штемпель,
Т.В. Вигерина.

Развитие метода определения коэффициента трения при холодной
листовой прокатке.

Трение и износ.

2025. — Т. 46, № 2. — С. 121—126.

DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-121-126

Address for correspondence:

S.V. Pilipenko
Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk,
st. Blokhina, 29, Novopolotsk 211443, Vitebsk region, Belarus
e-mail: 44-08@mail.ru

For citation:

V.A. Tomilo, S.V. Pilipenko, A.V. Dudan, O.P. Shtempel, and
T.V. Vigerina.

[Development of a Method for Determining the Coefficient of Friction
in Cold Sheet Rolling].

Trenie i Iznos.

2025, vol. 46, no. 2, pp. 121—126 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-121-126

Список использованных источников

1. Томило В.А., Пилипенко С.В., Дудан А.В. [и др.] Метод определения коэффициента трения при холодной прокатке особо тонких листов // Трение и износ. — 2024 (45), № 3, 220—226
2. Ramalho A., Oliveira M.C., and Menezes L.F. Experimental Study of Friction in Sheet Metal Forming // Wear. — 2011 (271), 1651—1657
3. Румянцев М.И., Митасов В.С., Шубин И.Г., Горбунов А.В., Насонов В.В. Уточнение методики определения коэффициента трения при прокатке нагартованного металла с малыми обжатиями // Производство проката. — 2012, № 12, 02—05
4. Trzepieciński T. Experimental Analysis of Frictional Performance of EN AW-2024-T3 Alclad Aluminium Alloy Sheet Metals in Sheet Metal Forming // Lubricants. — 2023 (11), 28
5. Грудев А.Г. Теория прокатки. — М: Металлургия. — 1988
6. Kurpe O., Kukhar V., and Klimov E. Improvement of Process Parameters Calculation for Coil Rolling at the Steckel Mill // Materials Science Forum. — 2020 (989), 609—614
7. Пилипенко С.В. Теоретические основы холодной пильгерной прокатки труб. — Новополюцк: Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой. — 2022
8. Mazur V.L. and Nogovitsyn O.V. Theory and Technology of Sheet Rolling: Numerical Analysis and Applications. — London: CRS Press. — 2019
9. Чистяков Д.Н., Антонов П.В., Болобанова Н.Л. Испытание и внедрение нового эмульсола на непрерывном пятиклетевом стане 1700 холодной прокатки // Сталь. — 2020, № 10, 31—33
10. Челядинов А.А., Давыдова Ю.М., Бахтин С.В., Бабушко Ю.Ю. Новый подход к технологии применения смазки при холодной прокатке электротехнической анизотропной стали // Вестник Липецкого государственного технического университета. — 2021, № 2, 91—96
11. Mang T. and Dresel W. Lubricants and Lubrication. — Weinheim: John Wiley & Sons. — 2012
12. Narendra A., Gokarn K., and Kiran N. Role of Lubricants in Industry: A Review // Journal of ISAS. — 2023, no. 2, 69—83
13. Antonicelli M. et al. Evaluation of the Effectiveness of Natural Origin Metalworking Fluids in Reducing the Environmental Impact and the Tool Wear // Journal of Cleaner Production. — 2023 (385), 135679
14. Румянцев М.И. Уточнение методики расчета коэффициента контактного трения при холодной прокатке на промышленных станах // Моделирование и развитие процессов ОМД. — 2017 (23), 22—31
15. Гарбер Э.А., Ягудин И.В., Ермилов В.В. Уточнение зависимости коэффициента трения при холодной прокатке от факторов технологического процесса методами регрессионного анализа //

Вестник Череповецкого государственного университета. — 2009, № 3, 119—126

References

1. Tomilo V.A., Pilipenko S.V., Dudan A.V. and others. Metod opredeleniya koeffitsienta treniya pri holodnoj prokatke osobo tonkih listov // Trenie i iznos. — 2024 (45), no. 3, 220—226 (in Russian).
2. Ramalho A., Oliveira M.C., and Menezes L.F. Experimental Study of Friction in Sheet Metal Forming // Wear. — 2011 (271), 1651—1657
3. Rumyanцев M.I., Mitasov B.C., Shubin I.G., Gorbunov A.V., Nasonov V.V. Utochnenie metodiki opredeleniya koeffitsienta treniya pri prokatke nagartovannogo metalla s malymi obzhatiyami // Proizvodstvo prokata — 2012, no. 12, 02—05 (in Russian)
4. Trzepieciński T. Experimental Analysis of Frictional Performance of EN AW-2024-T3 Alclad Aluminium Alloy Sheet Metals in Sheet Metal Forming // Lubricants. — 2023 (11), 28
5. Grudev A.G. Teoriya prokatki. — M: Metallurgiya. — 1988 (in Russian)
6. Kurpe O., Kukhar V., and Klimov E. Improvement of Process Parameters Calculation for Coil Rolling at the Steckel Mill // Materials Science Forum. — 2020 (989), 609—614
7. Pilipenko S.V. Teoreticheskiye osnovy kholodnoy pil'gerno prokatki trub. — Novopolotsk: Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk. — 2022 (in Russian)
8. Mazur V.L. and Nogovitsyn O.V. Theory and Technology of Sheet Rolling: Numerical Analysis and Applications. — London: CRS Press. — 2019
9. Chistyakov D.N., Antonov P.V., Bolobanova N.L. Ispytanie i vnedrenie novogo emul'sola na nepreryvnom pyatikletevom stane 1700 holodnoj prokatki // Stal. — 2020, no. 10, 31—33 (in Russian)
10. Chelyadinov A.A., Davydova Yu.M., Bahtin S.V., Babushko Yu.Yu. Novyj podhod k tekhnologii primeneniya smazki pri holodnoj prokatke elektrotekhnicheskoy anizotropnoy stali // Vestnik Lipeckogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta — 2021, no. 2, 91—96 (in Russian)
11. Mang T. and Dresel W. Lubricants and Lubrication. — Weinheim: John Wiley & Sons. — 2012
12. Narendra A., Gokarn K., and Kiran N. Role of Lubricants in Industry: A Review // Journal of ISAS. — 2023, no. 2, 69—83
13. Antonicelli M. et al. Evaluation of the Effectiveness of Natural Origin Metalworking Fluids in Reducing the Environmental Impact and the Tool Wear // Journal of Cleaner Production. — 2023 (385), 135679
14. Rumyanцев M.I. Utochnenie metodiki rascheta koeffitsienta kontaktnogo treniya pri holodnoj prokatke na promyshlennyh stanah // Modelirovanie i razvitie processov OMD. — 2017 (23), 22—31 (in Russian)
15. Garber E.A., Yagudin I.V., Ermilov V.V.

Utochnenie zavisimosti koeficienta treniya pri ho-
lodnoj prokatke ot faktorov tekhnologicheskogo

processa metodami regressionnogo analiza // Vest-
nik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universi-
teta. — 2009, no. 3, 119—126 (in Russian)

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.

Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь. Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Full text of articles can be purchased from the editorial office.

Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050. Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: FWJ@tut.by