

УДК 665.7.038

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖИРНЫХ СПИРТОВ $C_{12}$ - $C_{15}$ НА УСИЛИЕ ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

<sup>1</sup>Тептерев М.С., <sup>1</sup>Яшин В.В., <sup>2</sup>Арышенский Е.В., <sup>2</sup>Николенко К.А.

<sup>1</sup>ЗАО «Алкоа СМЗ», Самара, e-mail: maksim.tepterev@alcoa.com;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Самарский Национальный Исследовательский Университет им. академика С.П. Королёва», Самара, e-mail: ar-evgenii@yandex.ru

Статья посвящена исследованию влияния содержания жирных кислот  $C_{12}$ - $C_{15}$  на антифрикционные свойства прокатных смазок, применяемых при холодной прокатке алюминия и алюминиевых сплавов. Для анализа антифрикционных свойств испытываемых смазок в работе применён новый метод, основанный на измерении усилий и дальнейшем их перерасчёте с учётом абсолютной деформации. Данный метод позволяет проще экстраполировать полученные данные на реальный прокатный стан, чем все другие виды экспериментов. Для проведения работы было подготовлено восемь образцов с различным содержанием жирных спиртов. Были проведены практические эксперименты на лабораторном прокатном стане DIMA «300» с автоматической системой подачи смазки, которые с помощью данного нового метода позволили определить оптимальный состав прокатной смазки, используемой при тонколистовой прокатке алюминиевых сплавов.

**Ключевые слова:** коэффициент трения, прокатная смазка, усилия прокатки, алюминиевые сплавы, присадки, жирные спирты

## STUDY OF INFLUENCE OF FATTY ALCOHOLS $C_{12}$ - $C_{15}$ ON EFFORT OF THE COLD ROLLING OF ALUMINUM ALLOY

<sup>1</sup>Tepterev M.S., <sup>1</sup>Yashin V.V., <sup>2</sup>Aryshenskii E.V., <sup>2</sup>Nikolenko K.A.

<sup>1</sup>ZAO «Alcoa SMZ», Samara, e-mail: maksim.tepterev@alcoa.com;

<sup>2</sup>Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Samara National Research University named after Korolev, Samara, e-mail: ar-evgenii@yandex.ru

The article investigates the influence of the content of  $C_{12}$ - $C_{15}$  fatty acids on anti-friction properties of the rolling lubricants used in cold rolling aluminum and aluminum alloys. For the analysis of anti-friction properties of the grease in the test applied a new method, based on measuring the forces and their further re-calculation taking into account the absolute deformation. This method makes it easier to extrapolate from data obtained on the real mill than all other types of experiments. Eight samples with different contents of fatty alcohols was prepared to carry out the work. Practical experiments on laboratory mill DIMA «300» were carried out with an automatic lubrication supply system, which with the help of this new method made it possible to determine the optimal composition of the rolling lubricants used in sheet-rolling of aluminum alloys.

**Keywords:** friction coefficient, rolling lubrication, rolling force, aluminum alloys, additives, fatty alcohols

В настоящее время в производстве алюминиевого проката наблюдается тенденция к снижению толщины прокатываемой ленты. В свою очередь в данном направлении имеется ряд важных факторов (характеристики оборудования, трение и т.д.), которые обеспечивают производство продукции с необходимыми характеристиками и высоким качеством поверхности. Одной из ключевых характеристик является трение. Оно оказывает влияние на качество получаемой поверхности, на усилия прокатки и на износ валков.

Для уменьшения трения при прокатке используются различные виды СОЖ – это эмульсионные смеси, дисперсионные смеси и минеральные смазки. При холодной прокатке используются технологическая смазка, основой которой является жидкость с повышенным содержанием н-парафиновых и изо-парафиновых углеводородов (ОСНО-

ВА). Основа смазки имеет ограниченные возможности по снижению усилий прокатки и для лучшей работоспособности СОЖ при прокатке алюминиевых сплавов в неё добавляют специальные жидкости – присадки, представляющие собой высшие жирные спирты  $C_{12}$ - $C_{15}$  [1].

Подбор правильной химической композиции является делом достаточно нетривиальным [6] и требует множества испытаний. При этом необходимо учитывать следующий фактор. Из-за сложных условий технологического процесса, т.е. огромного количества факторов, влияющих на эксплуатационные свойства смазок, часто один и тот же химический состав показывает существенные отличия при лабораторных тестах и в условиях реального производства. Особенно сложно выявить антифрикционные свойства прокатных смазок, так сам коэффициент трения определяется в том

числе и геометрическими параметрами [5, 4] и может сильно меняться от клетки к клетке [2]. Кроме того, увеличение объема присадок не обязательно будет автоматически означать, что антифрикционные свойства жидкости будут снижаться, чаще всего необходимо поймать какой-либо диапазон. Поэтому разработка и апробация новых методов по определению антифрикционных свойств прокатных смазок является очень важной и перспективной задачей.

В данной работе рассмотрен новый метод испытаний на антифрикционные свойства прокатных смазок. На сегодняшний день очень популярны методы, заключающиеся в определении коэффициента трения с помощью того или иного испытания [3]. Как уже говорилось, данный подход не совершенен, так как мы измеряем коэффициент по сути для частных условий. Прямое измерение усилия также ничего не даст, так как со смазкой, обладающей хорошими антифрикционными свойствами, толстая заготовка покажет меньшее усилие, чем тонкая прокатанная с жидкостью, недостаточно снижающей трение. Суть нового метода состоит не просто в прокатке на лабораторном стане двух разных жидкостей с разными антифрикционными свойствами, и измерением усилий, но и перерасчете их с учетом абсолютной деформации. Эти данные проще экстраполировать на реальное оборудование, чем данные экспериментов на подшипниковых шарах и даже экспериментов на прокатном стане, которые определяют коэффициенты трения для конкретных условий.

Целью работы является испытать две похожие смазки и выявить, насколько данный метод чувствителен к изменению антифрикционных свойств. Второй целью является выявление того факта, насколько вязкость, гидроксильное число и процент содержания спиртов влияют на антифрикционные свойства смазок.

### Материалы и методы исследования

В ходе испытаний оценивалось влияние используемых присадок и их параметров на изменение величины усилия прокатки и на изменение отношения усилия прокатки к абсолютной деформации в процессе прокатки тонкой алюминиевой ленты из сплава 3104БТ.

Испытания проводились на лабораторном прокатном стане DIMA 300 (рис. 1), на данном стане установлена автоматизированная система подачи смазки на валки и в очаг деформации. Данная система состоит из 4 форсунок, подающих смазку на верхний и нижний рабочий валки в зоне деформации. Обжигания при прокатке всех образцов оставались неизменными.

Перед проведением работы было подготовлено около 5 рулонов шириной 150 мм и весом 50 кг, изготовленных из ленты 3104БТ номинальной толщиной 0,25 мм.

Были подготовлены 8 различных композиций смазки в канистрах объемом 5 литров. Состав композиций указан в табл. 1. В предварительно очищенную (продутую) систему смазки лабораторного стана устанавливалась заранее подготовленная композиция прокатной смазки.

Испытывались 8 композиций прокатных смазок, а именно сочетания одной основы и двух присадок (табл. 1) при разной концентрации (табл. 2), для каждой смазки замерялись вязкость и гидроксильное число.

От прокатанных рулонов проводился отбор 100 образцов, образцы отбирались через каждый 1 метр длины тестового участка.



Рис. 1. Лабораторный прокатный стан DIMA «300»

**Таблица 1**

Входные параметры используемых присадок

Параметр	Присадка № 1	Присадка № 2
Вязкость (при 40 °С), сСТ	< 7 (6,7)	> 7,3 (7,8)
Вспышка, °С	110	115
Содержание спиртов, %	80–90	50–100
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	830	830
Гидроксильное число, мг КОН/г	190–200	200–240

**Таблица 2**

Состав техсмазки, вязкость, гидроксильное число

№ п/п	Состав	Вязкость, сСТ	Гидроксильное число, мг КОН/г
1	Основа (92 %) + присадка 1 (8 %)	2,87	24,76
2	Основа (90 %) + присадка 1 (10 %)	2,9	25,8
3	Основа (88 %) + присадка 1 (12 %)	2,95	26,46
4	Основа (86 %) + присадка 1 (14 %)	3,12	30,5
5	Основа (92 %) + присадка 2 (8 %)	2,83	21,81
6	Основа (90 %) + присадка 2 (10 %)	2,87	22,66
7	Основа (88 %) + присадка 2 (12 %)	2,96	25,34
8	Основа (86 %) + присадка 2 (14 %)	3,08	26,11

**Таблица 3**

Результаты, полученные при добавлении присадки № 1

Присадка 1				
% присадки	8 %	10 %	12 %	14 %
Толщина начальная, мм	0,25	0,25	0,25	0,25
Толщина конечная, мм	0,15	0,15	0,14	0,14
Степень деформации, %	39,93	41,05	43,42	44,02
Абсолютная деформация, мм	0,10	0,10	0,11	0,11
Усилие прокатки, кН	354,42	337,96	397,14	414,56
Усилие пр./Абс. деформации, кН/мм	3550,86	3292,86	3658,39	3766,91

Проводилось измерение толщины каждой прокатанной карточки. Измерение толщины выполнялось при помощи электронного цифрового микрометра с точностью  $\pm 0,0001$  мм. Измерение выполнялось в трёх точках, по 20 мм от кромки и в середине карточки всегда по оси проката. Вычислялась средняя конечная толщина каждой партии карточек, прокатанных с определённым составом смазки. Вычислялось среднее усилие проката каждой партии прокатанных карточек. Определялась абсолютная деформация вычитом средней конечной толщины из средней исходной толщины. Далее находилось соотношение среднего усилия проката к средней абсолютной деформации.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В ходе сравнения полученных данных выявлено, что вязкость для всех образцов находится в близких диапазонах, а гидроксильное число, имеет значительные различия  $\sim 2\text{--}4$  мг КОН/г. Гидроксильное чис-

ло указывает на растворимость присадок в основе: чем больше значение, тем лучше присадка растворяется и тем эффективнее будет работать технологическая смазка в процессе прокатки. На рис. 2 и 3 показаны результаты замеров вязкости и гидроксильного числа в графическом виде.

Основными влияющими параметрами являются вязкость, гидроксильное число и процент содержания спиртов. Присадка № 2 имеет широкий диапазон по содержанию спиртов и более высокую вязкость, чем присадка № 1.

В полученной смеси значения вязкости находятся в близком диапазоне, поэтому данный параметр не оказывает значительного давления на параметры прокатки. Гидроксильное число смеси, полученной с добавлением присадки № 1, на  $\sim 2\text{--}4$  мг КОН/г выше, чем для смеси с присадкой № 2.

Вязкость, сСТ

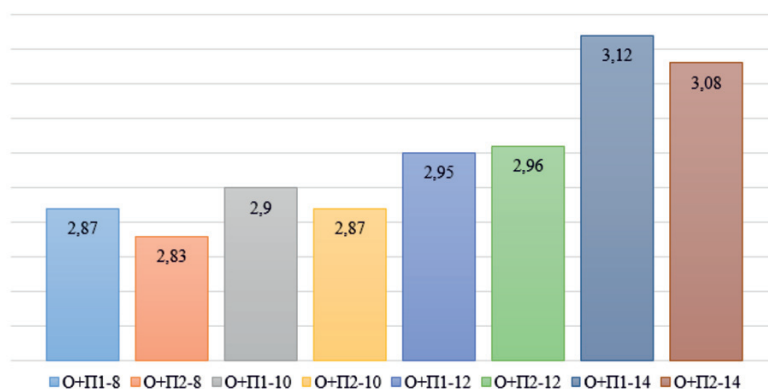


Рис. 2. Изменение вязкости

Гидроксильное число, мг КОН/г

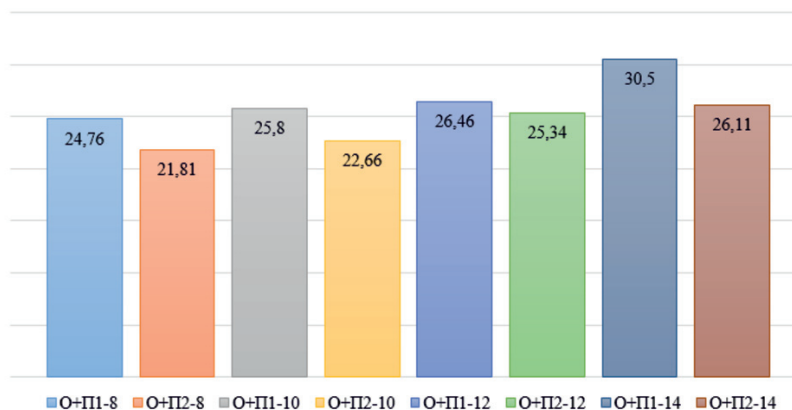


Рис. 3. Изменение гидроксильного числа

Таблица 4

Результаты, полученные при добавлении присадки № 2

Присадка 2				
% присадки	8%	10%	12%	14%
Толщина начальная, мм	0,25	0,25	0,25	0,25
Толщина конечная, мм	0,15	0,14	0,14	0,15
Степень деформации, %	40,92	42,21	44,21	39,09
Абсолютная деформация, мм	0,10	0,11	0,11	0,10
Усилия прокатки, кН	408,21	442,35	480,96	388,37
Усилия пр./Абс. деформации, кН/мм	3990,30	4191,85	4351,39	3974,05

Как видно по табл. 3 и 4, при добавлении присадок, которые являются полными аналогами друг друга, значения усилий неодинаковы: если при содержании присадок 8% и 14% значения практически одинаковые (разница не более ~ 50 кН), то при содержа-

нии 10% и 12% разница составляет уже более 100 кН, что показателем того, что является в составе присадок имеются различия.

Более наглядно описанную ситуацию можно увидеть на графиках, представленных на рис. 4 и 5.

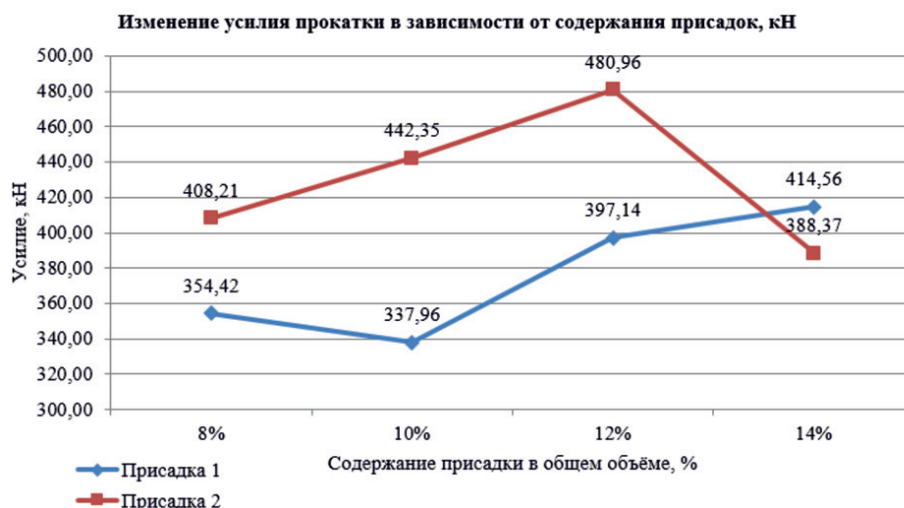


Рис. 4. Изменения усилия прокатки в зависимости от различного содержания присадок

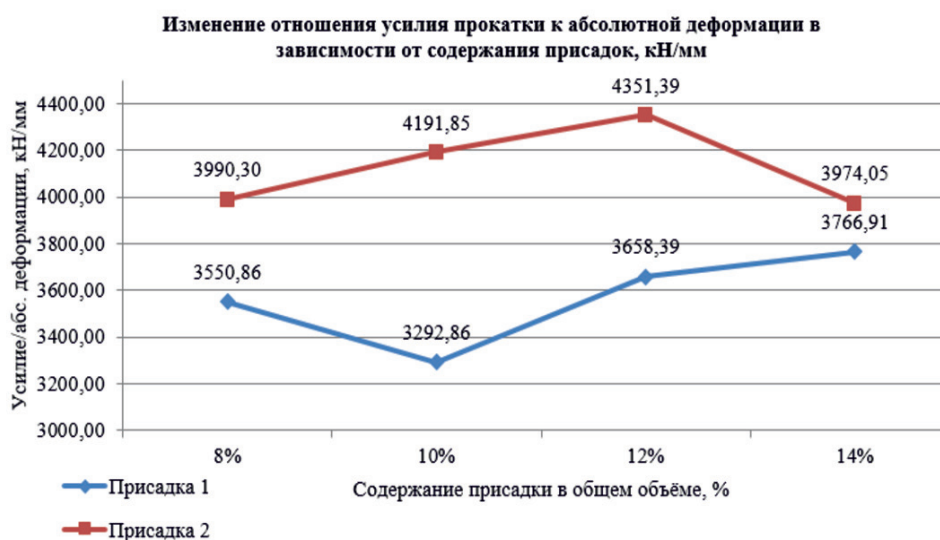


Рис. 5. Изменение отношения усилия к абсолютной деформации в зависимости от содержания присадок

Причиной такой разницы в значениях параметров прокатки может быть различие в процентном содержании спиртов, т.к. у присадки № 1 он имеет узкий диапазон (80–90%). У присадки № 2 данный диапазон намного больше и составляет от 50 до 100%.

### Выводы

1. В результате работы выявлено, что ключевыми параметрами в присадках «жирные спирты» являются следующие 3 параметра – вязкость, гидроксильное число и процент содержания спиртов. При этом

более качественной присадкой является та, у которой данный диапазон уже.

2. В ходе работы выявлено, что при добавлении присадок № 1 и № 2 к существующей основе происходит изменение отношения среднего усилия проката к абсолютной деформации. При добавлении 10 и 12 % присадок замечен высокий рост значений в техсмазке с присадкой № 1, в техсмазке с присадкой № 2 можно наблюдать падение величин абсолютного усилия, а при концентрациях 8 и 14 %, их значения практически схожи.



3. Все это говорит о том, что данный метод исследования антифрикционных свойств смазок позволяет отслеживать влияние на данный параметр даже небольших изменений химической композиции данной смазки.

#### Список литературы

1. Арышенский Е.В., Панкратов М.А., Арышенский В.Ю., Беглов Э.Д. Изучение влияния композиции смазочных жидкостей на усилие прокатки // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 3. – С. 11–13.

2. Арышенский Е.В., Панкратов М.А., Арышенский В.Ю., Беглов Э.Д. Изучение антифрикционных свойств прокатных смазок, применяющихся для алюминиевых сплавов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 3–1. – С. 14–16.

3. Арышенский Е.В., Яшин В.В., Латушкин И.А., Баев А.В. Исследование антифрикционных свойств прокатной смазки для алюминиевых сплавов методом предельного обжатия // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 3–1. – С. 15–18.

4. Грудев А.П., Зильберг Ю.В., Тилик В.Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением: справочник. – 1982. – 311 с.

5. Кокорин В.Н. Применение смазочно-охлаждающих технологических жидкостей в производстве прокатки листо-

вого материала [Учебное пособие] / В.Н. Кокорин, Ю.А. Титов. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 55 с.

6. Целиков А.И. Основы теории прокатки. – Москва: Metallurgiya, 1965. – 248 с.

#### References

1. Aryshenskij E.V., Pankratov M.A., Aryshenskij V.Ju., Beglov Je.D. Izuchenie vlijaniya kompozicii smazochnyh zhidkostej na usilie prokatki // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2014. no. 3. pp. 11–13.

2. Aryshenskij E.V., Pankratov M.A., Aryshenskij V.Ju., Beglov Je.D. Izuchenie antifrikcionnyh svojstv prokatnyh smazok, primenjajushhihsja dlja aljuminievych splavov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2014. no. 3–1. pp. 14–16.

3. Aryshenskij E.V., Jashin V.V., Latushkin I.A., Baev A.V. Issledovanie antifrikcionnyh svojstv prokatnoj smazki dlja aljuminievych splavov metodom predelnogo obzhatija // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 3–1. pp. 15–18.

4. Grudev A.P., Zilberg Ju.V., Tilik V.T. Trenie i smazki pri obrabotke metallov davleniem: spravocnik. 1982. 311 p.

5. Kokorin V.N. Primenenie smazочно-ohlazhdajushhih tehnologicheskikh zhidkostej v proizvodstve prokatki listovogo materiala [Uchebnoe posobie] / V.N. Kokorin, Ju.A. Titov. Ulanovsk: UIGTU, 2004. 55 p.

6. Celikov A.I. Osnovy teorii prokatki. Moskva: Metallurgija, 1965. 248 p.