

# Исследование структуры и свойств Structure and properties research

Физические методы  
исследования и контроля

Physical methods  
of research and monitoring

DOI: <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2019-85-3--26-30>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В СМАЗКЕ ДЛЯ СУХОГО ВОЛОЧЕНИЯ ПРОВОЛОКИ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

© Татьяна Юрьевна Труханович\*, Марина Хенриковна Лунькова,  
Наталья Николаевна Паутова

ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Беларусь; e-mail: \*hlmk.czl@bmz.gomel.by

*Статья поступила 7 февраля 2018 г. Поступила после доработки 22 ноября 2018 г.  
Принята к публикации 25 ноября 2018 г.*

Представлены результаты исследования гранулометрического состава и содержания железа в смазке для сухого волочения проволоки. В процессе волочения в смазку попадает железо как в составе оксидов остаточной окалины, так и непосредственно с поверхности проволоки. Вместе с тем происходит постепенное измельчение смазки, что также ухудшает качество волочения. Смазку оценивали по двум параметрам: гранулометрическому составу и содержанию железа. Массовую долю железа в сухой смазке определяли, используя специально разработанную методику. Соединения железа сначала растворяли при помощи соляной кислоты, а затем отделяли от жирных кислот. Содержание железа измеряли с помощью оптико-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой. Гранулометрический состав определяли методом просеивания через сита. Исследовали образцы новой исходной смазки и из мыльниц со станом среднего и грубого волочения. На основе полученных данных сделаны заключения о динамике накопления железа и изменении гранулометрического состава смазки в процессе волочения проволоки. Оценена периодичность полной замены смазки в мыльницах с точки зрения рационального ее использования без ухудшения технологичности волочения. Таким образом, предложенная методика определения железа в смазке для сухого волочения может применяться для контроля изменения качества смазки в процессе эксплуатации и подбора оптимального периода ее замены, в том числе при переходе на продукцию других производителей.

**Ключевые слова:** смазка; сухое волочение проволоки; определение железа; гранулометрический состав; эксплуатация смазки.

## STUDY OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION AND IRON CONTENT IN THE DRY WIRE DRAWING GREASE DURING OPERATION

© Tatiana Yu. Truhanovich\*, Marina H. Lunkova, Natalia N. Pautova

OJSC "BSW — management company of BMC holding", Zhlobin, Belarus, e-mail: \*hlmk.czl@bmz.gomel.by

*Received February 7, 2018. Revised November 22, 2018. Accepted November 25, 2018.*

The results of studying granulometric composition and iron content in wire dry drawing grease are presented. The goal of the study is to estimate the possibility of extending a period of full replacement of grease in rough and intermediate wire drawing. Iron gets into the grease upon drawing both as a part of residual scale oxides and directly from the wire surface. Moreover, a gradual grinding of the grease also degrades the quality of drawing. The grease quality was estimated by two parameters: particle size distribution and iron content. The mass fraction of iron in the dry grease was determined using a specially developed technique. Iron compounds were first dissolved with hydrochloric acid and then separated from fatty acids. The iron content was measured using an optical emission spectrometer with inductively coupled plasma. The granulometric composition was determined by sieving. Test samples were taken from new

original grease and from the soap-boxes of medium and coarse drawing machines. The dynamics of iron accumulation and change in the particle size distribution of the grease in the process of wire drawing were assessed proceeding from the results of measurements. The frequency of complete replacement of grease in soap-boxes was evaluated from the view point of the rational use without compromising the production effectiveness of drawing. Recommendations are given regarding decrease in the frequency of partial replacement of the grease in soap boxes in blocks N 4 – 6 in coarse drawing machines and blocks N 5 – 7 in medium drawing machines due to control of iron accumulation.

**Keywords:** grease; wire dry drawing; iron content determination; granulometric composition; grease lifetime.

При производстве холоднотянутой проволоки важны как носители смазочного вещества, так и сами смазки. От них при дальнейшей обработке зависит качество поверхности изделия.

Смазка предотвращает прилипание протягиваемого металла к волокнам, уменьшает трение, снижает температуру в очаге деформации и обеспечивает необходимое качество поверхности проволоки. Правильно выбранная смазка позволяет применять частные и общие деформации (обжата), а также высокие скорости волочения.

Смазка для волочения должна выдерживать высокое давление, равномерно смазывать и хорошо захватываться изделием, эффективно снижать внешнее трение между протягиваемой проволокой и волоком и обеспечивать минимальный износ канала волок. Она не должна спекаться, разлагаться или расслаиваться [1].

Мыльные порошкообразные смазки — соединения щелочных и щелочноземельных металлов (натрия, калия, кальция) с жирными кислотами, — широко используют при сухом волочении [2]. Порошок при этом тщательно измельчают (до определенного гранулометрического состава) и просушивают. Слишком мелко измельченная смазка более склонна к выгоранию и слеживанию, а грубый помол препятствует эффективно захвату и подаче смазки в зону деформации.

Наличие большого количества мелких фракций ограничивает возможность перемещения отдельных гранул ввиду увеличения площади поверхности частиц, приходящихся на единицу массы смазки. Вместе с тем мелкие частицы смазки необходимы, особенно в начале процесса волочения, чтобы обеспечить достаточный контакт смазки с поверхностью металла для захвата ее в очаг деформации. Поэтому гранулометрический состав смазки регламентируют [3].

Проволока, проходя через установленную перед волоком мильницу с засыпанной в нее смазкой, захватывает своей поверхностью мыльный порошок и направляет его в волоку, достигая тем самым требуемое смазывание. Порошок обычно добавляют в мильницы периодически, по мере выработки ранее засыпанной порции.

В процессе волочения в смазку попадает железо как в составе оксидов остаточной окалины,

так и непосредственно с поверхности проволоки. Оксиды железа ухудшают волочильные свойства, препятствуют эффективному сцеплению смазки с поверхностью изделия и ее равномерно распределению. Также в процессе волочения происходит постепенное измельчение смазки, что снижает качество волочения.

В настоящее время для станов грубого волочения (ГВ) рекомендована полная замена смазки через каждые 80 ч вместе с заменой волок. Для станов среднего волочения (СВ) — 1 раз в месяц. Внепланово-частичную или полную замену смазки также проводят при снижении технологичности волочения.

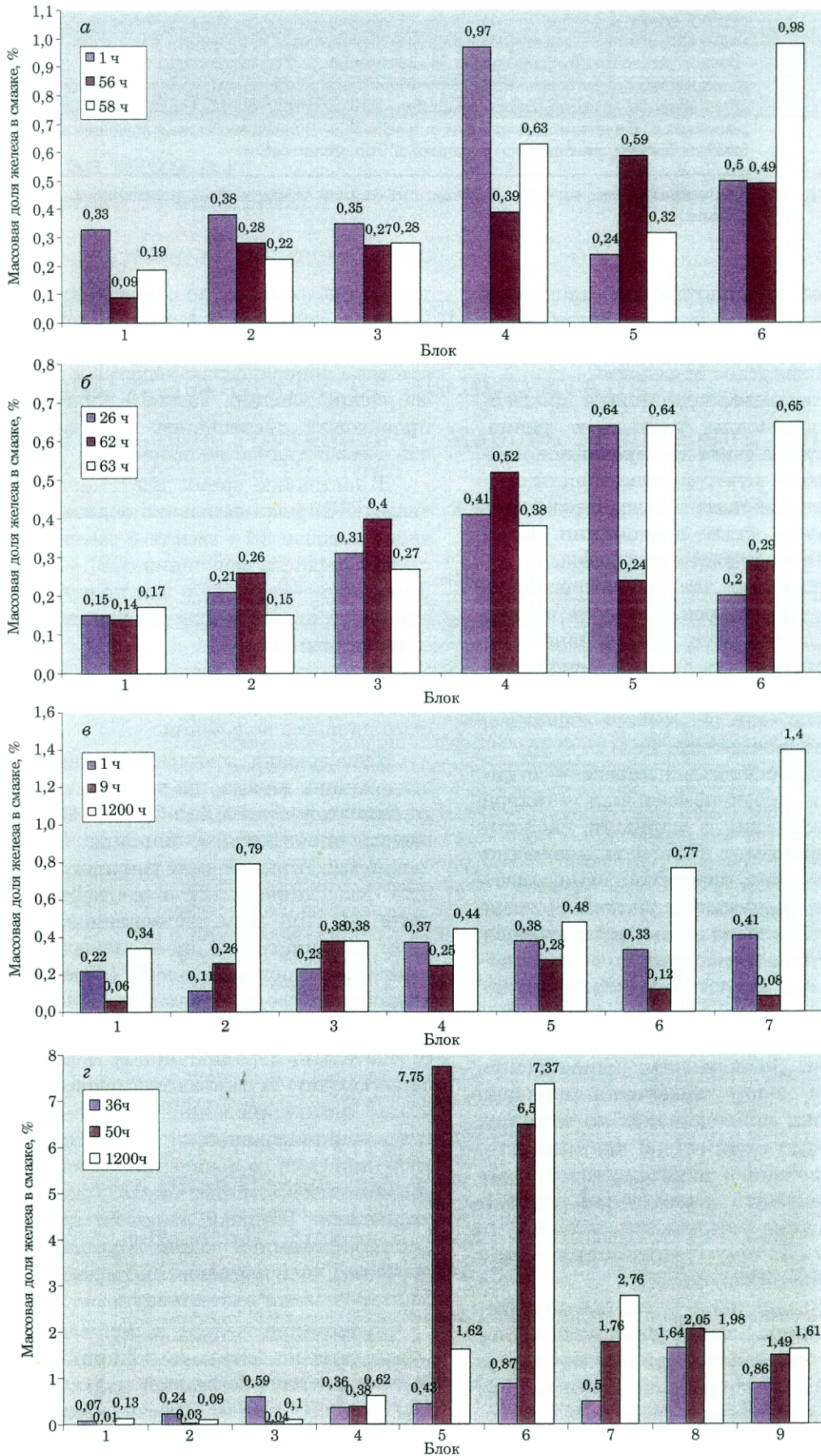
Цель работы — исследование связи между изменением характеристик смазки и технологичности процесса волочения.

Исследовали гранулометрический состав и содержание железа на разных этапах эксплуатации сухой смазки Lubrifil VA7001. Содержание железа определяли с помощью метода, заключающегося в выделении жирных кислот в твердую фазу кипячением в растворе соляной кислоты [4]. При этом растворимое в кислоте железо, находящееся в пробе, переходит в раствор в виде растворимых солей. Далее жидкую фазу отделяли от твердой и анализировали.

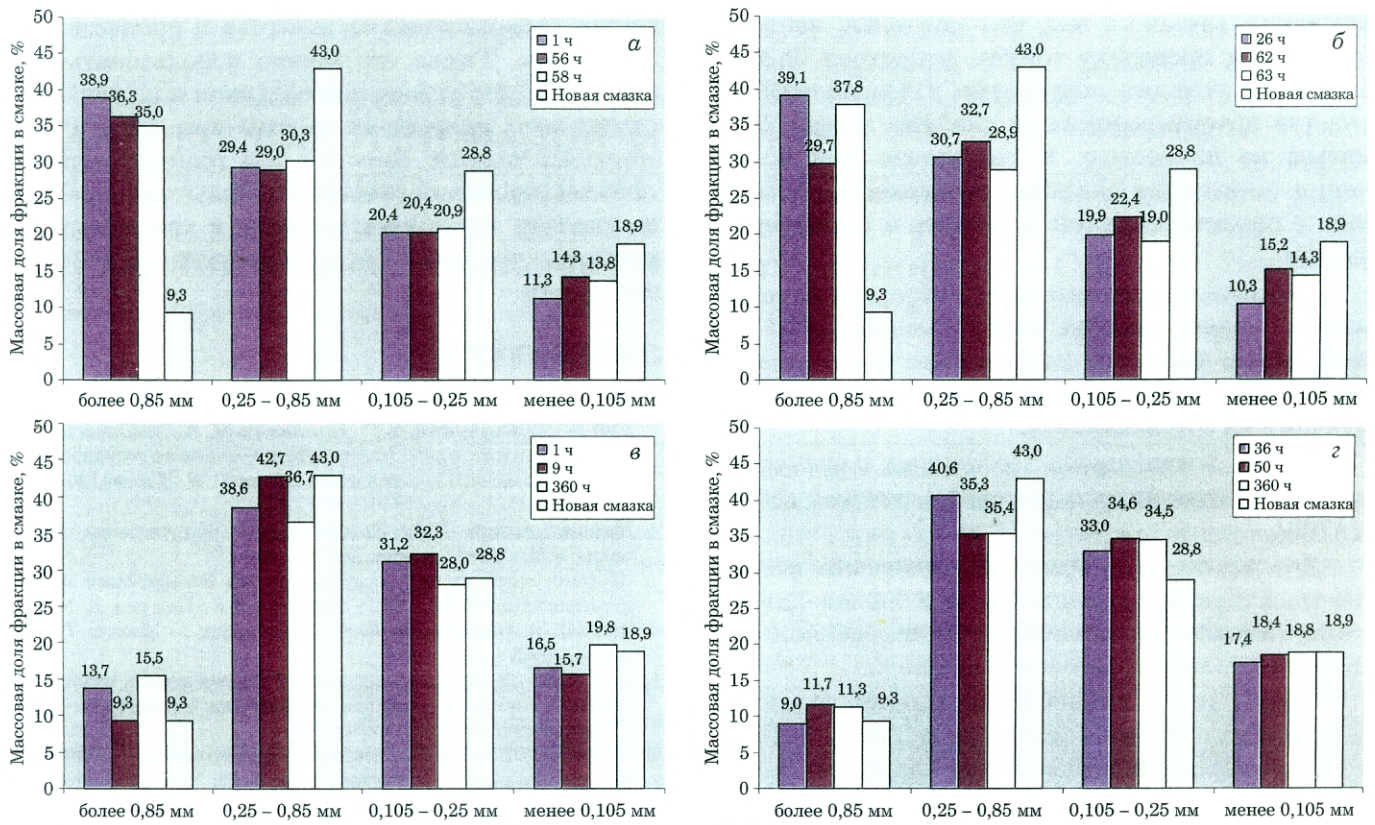
Алгоритм эксперимента был следующий. К тщательно перемешанному в стеклянном стакане образцу смазки массой около 10 г добавили 60 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и 30 см<sup>3</sup> концентрированной соляной кислоты. Полученный раствор кипятили до появления на поверхности прозрачного слоя жирных кислот (около 3 ч) и затем охлаждали. Твердый жировой слой промывали дистиллированной водой. Промывные воды переносили количественно в раствор, который отфильтровывали в стеклянную колбу.

Содержание железа в полученном растворе определяли на оптико-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (длина волны 248,3 нм), затем пересчитывали в массовую долю по отношению к массе образца.

Показатели точности и расширенную неопределенность результатов измерений рассчитывали по стандартным методикам [5] (табл. 1).



**Рис. 1.** Результаты определения массовой доли железа в образцах смазки из мыльниц: *а* — стан ГВ № 2, диаметр проволоки 3,62 мм; *б* — стан ГВ № 3, диаметр проволоки 3,17 мм; *в* — стан СВ № 8, диаметр проволоки 1,79 мм; *г* — стан СВ № 14, диаметр проволоки 0,89 мм



**Рис. 2.** Результаты определения массовой доли фракции в образцах новой (неиспользованной) смазки и из мыльниц: *а* — стан ГВ № 2, диаметр проволоки 3,62 мм; *б* — стан ГВ № 3, диаметр проволоки 3,17 мм; *в* — стан СВ № 8, диаметр проволоки 1,79 мм; *г* — стан СВ № 14, диаметр проволоки 0,89 мм

**Таблица 1.** Показатели точности и расширенная неопределенность результатов измерений

Диапазон измерений, %	Стандартное отклонение повторяемости $S_r$ , г/дм <sup>3</sup>	Предел повторяемости $r$ , г/дм <sup>3</sup>	Стандартное отклонение воспроизводимости $S_R$ , г/дм <sup>3</sup>	Предел воспроизводимости $R$ , г/дм <sup>3</sup>	Расширенная неопределенность результатов измерений $U(X)$ , г/дм <sup>3</sup>
0,01 – 0,05	0,002	0,005	0,002	0,006	0,004
0,05 – 0,2	0,004	0,011	0,004	0,012	0,008
0,2 – 0,7	0,007	0,018	0,007	0,020	0,014
0,7 – 2,0	0,009	0,025	0,010	0,027	0,020
2,0 – 5,0	0,02	0,05	0,02	0,06	0,04
5,0 – 10,0	0,03	0,08	0,03	0,09	0,06

Волоочильный стан разделен на блоки, которые состоят из барабана, волокодержателя, волокни определенного диаметра и мыльницы с волоочильной смазкой. На рис. 1 приведены результаты определения массовой доли железа в образцах смазки из мыльниц ГВ и СВ с различными сроками эксплуатации (в новой (неиспользованной) смазке массовая доля железа составляла не более 0,001 %).

Видно, что резкое повышение содержания железа происходит уже в первые часы эксплуатации смазки. Массовая доля железа в смазке на станях ГВ увеличивается в первые сутки в 100 – 200 раз и в дальнейшем практически не ме-

няется, на станях СВ в первые двое суток — в 100 раз, а затем до полной замены — еще в 2 – 3 раза.

Резкое повышение содержания железа в смазке на станях СВ (до 8 %, диаметр 0,89 мм),

**Таблица 2.** Требования к размерам частиц и массовой доле фракции в смазке для сухого волочения проволоки Lubrifil VA7001

Фракция	Размер частиц, мм	Массовая доля, %
1-я (крупная)	Более 0,85	3 – 16
2-я (средняя)	0,25 – 0,85	30 – 50
3-я (средняя)	0,105 – 0,25	25 – 45
4-я (мелкая)	Менее 0,105	10 – 25

возможно, связано с тем, что заготовка, используемая под проволоку тонких диаметров (0,89 – 1,14 мм), проходит подготовку к волочению на участке патентирования, и окалина может удаляться не полностью. В результате при волочении остаточная окалина механически снимается с патентированной заготовки и попадает в смазку.

Гранулометрический состав образцов определяли с использованием метода, основанного на разделении фракций посредством просеивания через сита с калибровочными ячейками с последующим их взвешиванием.

В табл. 2 приведены требования к размерам частиц и массовой доле фракций в смазке Lubrifil VA7001.

Для проведения гранулометрических исследований образцы из мыльниц всех блоков одного стана сначала смешивали, затем определяли состав. Результаты приведены на рис. 2.

Видно, что на станах ГВ изменение гранулометрического состава значительно: на 20 – 30 % увеличивается массовая доля крупной (1-й) фракции, а содержание средних (2-й и 3-й) фракций уменьшается на 10 %, также снижается массовая доля мелкой фракции. Это происходит потому, что, помимо выноса изделием средних фракций, из-за больших деформаций повышается температура проволоки и смазка спекается. Спекшиеся частицы, соответственно, отсеиваются с 1-й фракцией.

На СВ гранулометрический состав со временем меняется незначительно: 1-я самая крупная фракция растет на 2 – 5 %, что объясняется постоянным выносом средних фракций, содержание мелкой 4-й фракции почти не повышается.

Отметим, что за период испытаний снижения технологичности волочения не зафиксировано.

Таким образом, предложенный метод определения содержания железа в смазке для сухого волочения Lubrifil VA7001 может применяться для

контроля изменения ее качества в процессе эксплуатации. Также его можно использовать для оценки смазок новых поставщиков и подбора оптимального периода их замены при испытаниях опытных партий. Вместе с тем гранулометрические исследования смазок позволяют своевременно удалять спекшиеся частицы и тем самым не снижать уровень технологичности волочения проволоки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балахов Х. Н., Клековкин А. А., Клековкина Н. А., Гун Г. С., Корчунов А. Г., Полякова М. А. Стальная проволока. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского государственного технического университета имени Г. И. Носова, 2011. — 689 с.
2. Красильников Л. А., Лысенко А. Г. Волочильщик проволоки. — М.: Metallurgia, 1987. — 320 с.
3. Сборник научных трудов специалистов Белорусского металлургического завода, 2001 – 2008 гг. В 3 т. / Под ред. Д. М. Кукуя, Н. В. Андрианова, В. А. Маточкина. — Минск: Технология, 2009.
4. ГОСТ 790–89. Мыло хозяйственное твердое и мыло туалетное. Правила приемки и методы выполнения измерений. — М.: Стандартинформ, 2007. — 13 с.
5. СТБ ИСО 5725-2-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Ч. 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений. — Минск: Госстандарт, 2002. — 48 с.

## REFERENCES

1. Balakhov Kh. N., Klekovkin A. A., Klekovkina N. A., Gun G. S., Korchunov A. G., Polyakova M. A. Steel wire. — Magnitogorsk: Izd. MG TU im. G. I. Nosova, 2011. — 689 p. [in Russian].
2. Krasil'nikov L. A., Lysenko A. G. Wire drawing operator. — Moscow: Metallurgiya, 1987. — 320 p. [in Russian].
3. Book of scientific works performed by Byelorussian Steel Plant specialists, 2001 – 2008. In 3 vols. / D. M. Kukui, N. V. Andrianov, V. A. Matochkin (eds.). — Minsk: Tekhnologiya, 2009 [in Russian].
4. State Standard GOST 790–89. Hard common soap and toilet soap. Acceptance rules and methods to perform tests. — Moscow: Standartinform, 2007. — 13 p. [in Russian].
5. State Standard STB ISO 5725-2-2002. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2. Basic method of the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. — Minsk: Gosstandart, 2002. — 48 p. [in Russian].