



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-2-91-96>
ДК 669.017

Поступила 28.02.2022
Received 28.02.2022

АРТЕФАКТЫ В МЕТАЛЛОГРАФИИ: НИТКИ И ВОЛОКНА

А. Г. АНИСОВИЧ, Институт прикладной физики НАН Беларуси,

г. Минск, Беларусь, ул. Академическая, 16. E-mail: anna-anisovich@yandex.ru

М. И. МАРКЕВИЧ, Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, ул. Купревича, 10

Рассмотрены нити и волокна различного происхождения как артефакты пробоподготовки металлографических шлифов, а также образцов некоторых материалов. Проиллюстрирована роль различных способов оптического контрастирования – темнопольного освещения, поляризованного света при анализе бумаги, натуральных и искусственных волокон. Представленные материалы могут быть использованы материаловедцами для идентификации ошибок пробоподготовки, а также описания нетрадиционных металлографических объектов.

Ключевые слова. Металлография, пробоподготовка, нитки, волокна, металлы, кожа.

Для цитирования. Анисович, А. Г. Артефакты в металлографии: нитки и волокна / А. Г. Анисович, М. И. Маркевич // Литье и металлургия. 2022. № 2. С. 91–96. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-2-91-96>.

ARTIFACTS IN METALLOGRAPHY: THREADS AND FIBERS

A. G. ANISOVICH, Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, 16, Akademicheskaya str. E-mail: anna-anisovich@yandex.ru

M. I. MARKEVICH, Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, 10, Kuprevich str.

Threads and fibers of different origin are considered as artifacts of sample preparation of metallographic sections, as well as samples of some materials. The role of various methods of optical contrasting – dark-field illumination, polarized light – in the analysis of paper, natural and artificial fibers is illustrated. The presented materials can be used by materials scientists to identify errors in sample preparation, as well as to describe non-traditional metallographic objects.

Keywords. Metallography, sample preparation, threads, fibers, metals, leather.

For citation. Anisovich A. G., Markevich M. I. Artifacts in metallography: threads and fibers. Foundry production and metallurgy, 2022, no. 2, pp. 91–96. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-2-91-96>.

В настоящее время методами микроскопии изучают широкие классы материалов, весьма разнообразных по своей природе – металлы и сплавы, полимеры, минералы, ткани и т.д. Также постоянно развиваются методы металлографической пробоподготовки. Для этого разработано специальное оборудование, использующее как разнообразные полировочные составы, так и полировочные круги из различных, в том числе тканых, материалов. Тем не менее, совершенствование методов изготовления образцов не означает отсутствие практических ошибок (артефактов) пробоподготовки. В числе таких артефактов – присутствие на готовом образце разнообразных нитей и волокон, затрудняющих последующий анализ структуры. Поэтому для оператора важно умение распознать артефакт.

Данная статья имеет методологическую направленность. Рассмотрены нити и волокна различного происхождения как артефакты пробоподготовки металлографических шлифов и образцов некоторых материалов.

Волокно – это тонкая непряженная нить растительного, животного или минерального происхождения.

Нитка – общее название тонкоскрученного материала, имеющего малый диаметр. Волокна различного происхождения используются в быту и технике. Некоторые из них показаны на рис. 1. Для своей визуализации различные волокна требуют использования определенных методов оптического контрастирования. Так, искусственные волокна – углеродное и базальтовое сфотографированы с использованием освещения по методу светлого поля [1], шерстяные и шелковые – темного поля [1, 2].

Нитки и волокна как составляющие тканей и фильтров участвуют в процессе пробоподготовки металлографических шлифов. Как правило, используются синтетические замшевые ткани, шерсть,

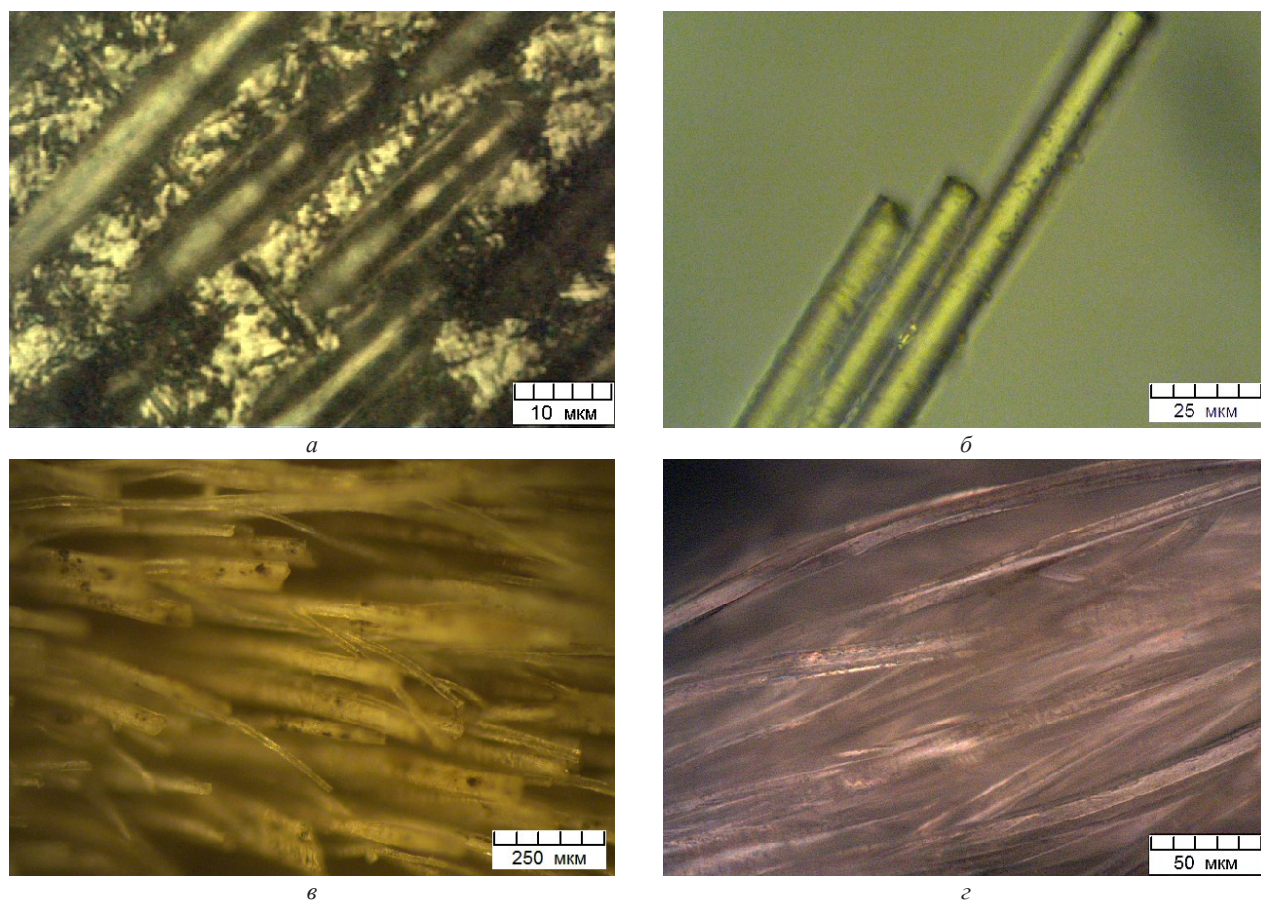


Рис. 1. Волокна искусственного и натурального происхождения: *а, б* – углеродное и базальтовое соответственно, светлопольное освещение; *в, з* – шерсть овцы и шелковое волокно соответственно, темнопольное освещение

синтетический бархат, фетр, войлок и др. Составляющие их нити как таковые являются артефактами. В случае некачественного приготовления шлифов присутствие волокон на поверхности образца осложняет процесс наблюдения и интерпретации изображений. На рис. 2, *а* представлены волокна ткани полировочного круга, оставшиеся на шлифе после окончания процесса полировки и промывки. После травления такого образца волокна в процессе окисления окрашиваются в различные цвета (рис. 2, *б*). Зачастую волокна разной морфологии легко узнаваемы (рис. 2, *в*). Единичное волокно, как правило, не затрудняет наблюдение, но мешает при выборе кадра для фотографирования. При необходимости такой артефакт может быть устранен в программах обработки изображений. На рис. 2, *з* показаны волокна, зацепившиеся за твердое включение при полировке. Этот кадр сделан исключительно для иллюстрации.

В некоторых случаях имеется сходство морфологии волокон ткани и выделений фаз (рис. 3).

Скопления волокон могут принимать достаточно причудливый вид (рис. 4). Анализировать структуру графита чугуна при наличии таких артефактов невозможно (рис. 4, *а*). Помимо собственно включений графита на шлифе присутствуют еще и пылевые частицы. Они ярко светятся в темном поле (рис. 4, *б*). Графит шаровидной формы на светлопольном изображении воспринимается как пыль, а на темнопольном изображении практически не виден при данном увеличении (200 крат).

Часто встречающимся артефактом пробоподготовки являются волокна фильтровальной бумаги [2]. Собственно фильтровальная бумага представлена на рис. 5, *а*. При темнопольном освещении хорошо видны отдельные волокна. Степень их визуализации в данном случае зависит от ориентации относительно плоскости наблюдения, а также глубины резкости объектива. Отдельные волокна фильтровальной бумаги при сушке металлографических шлифов остаются на краях шлифа (рис. 5, *б*) и видны как нечеткая полоска при фокусировке на поверхность шлифа. На рис. 6, *а* показано волокно фильтровальной бумаги, зацепившееся концами на полированной поверхности и колеблющееся в потоке тепла от объектива микроскопа, на рис. 6, *б* – одиночное волокно над объективом микроскопа. После травления оно приобрело окраску. Свежие волокна фильтровальной бумаги окрашиваются различными цветами при освещении поляризованным светом (рис. 7). Пыль на данном изображении в поляризованном свете имеет белый цвет.

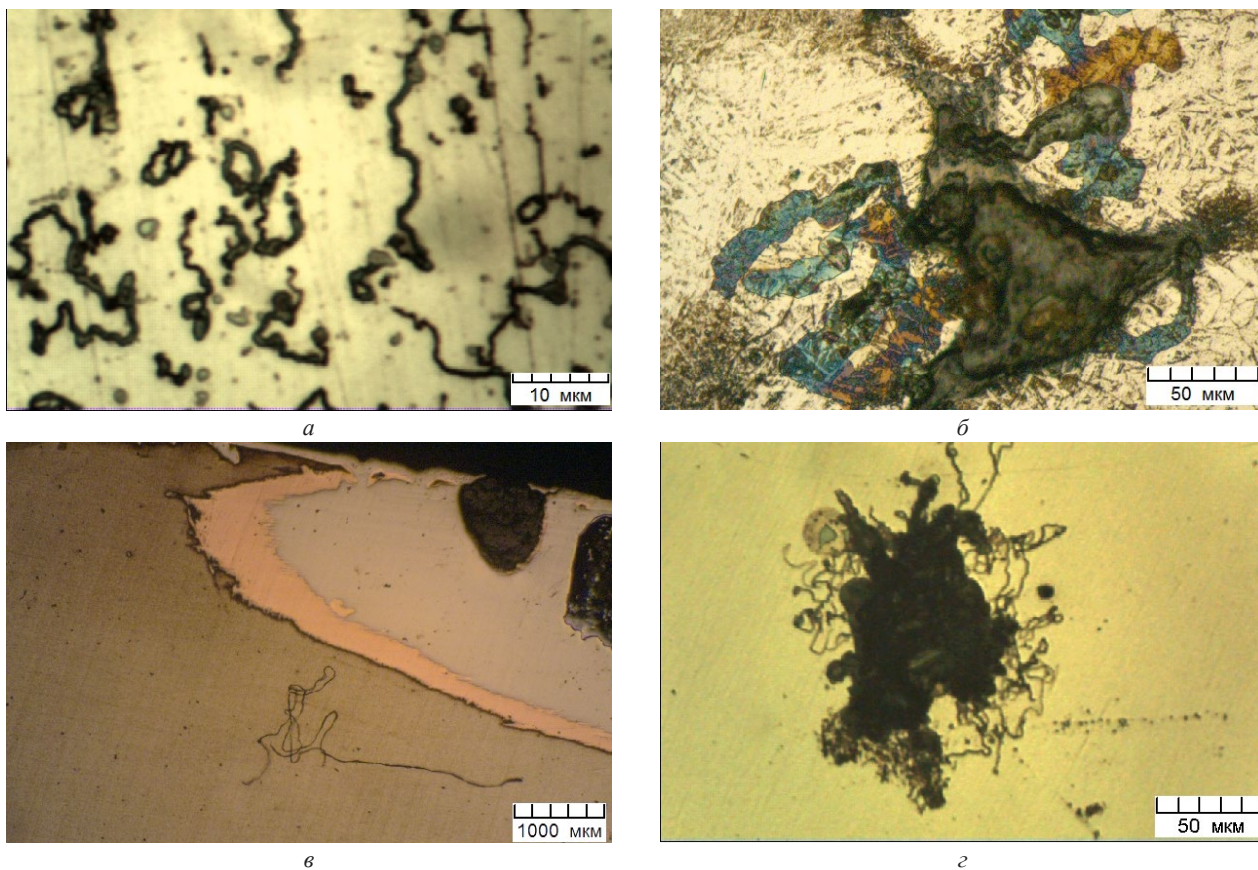


Рис. 2. Волокна полировочного круга на поверхности шлифов

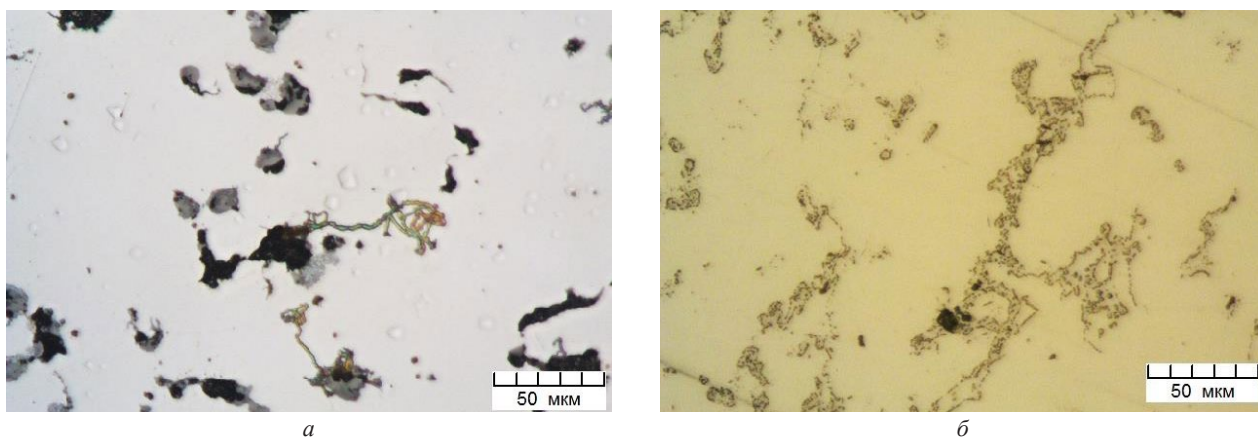


Рис. 3. Сходные изображения на поверхности образца: *а* – волокна на шлифе чугуна; *б* – фазы в сплаве Co-Cr-Mo

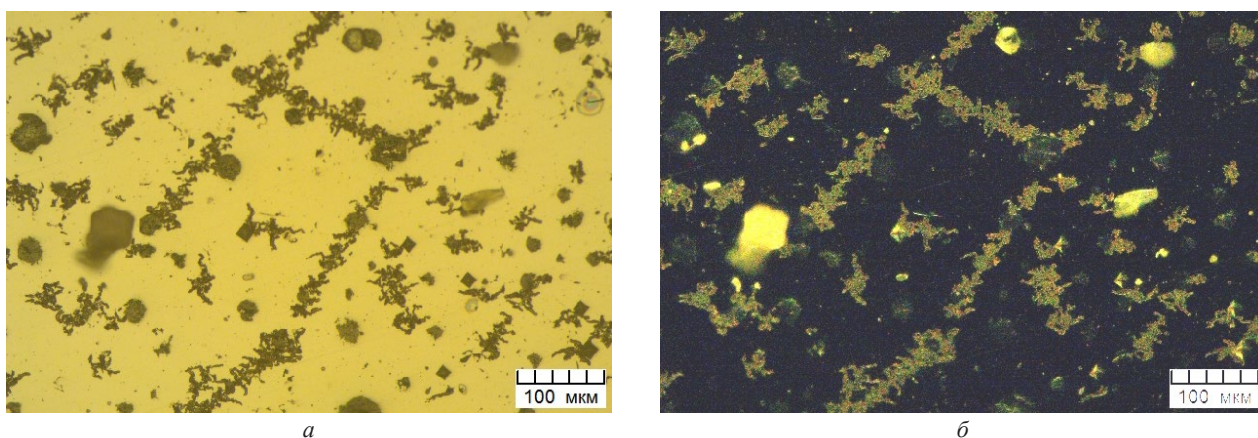


Рис. 4. Скопления волокон на шлифе серого чугуна: *а* – светлопольное освещение; *б* – темнопольное освещение; без травления

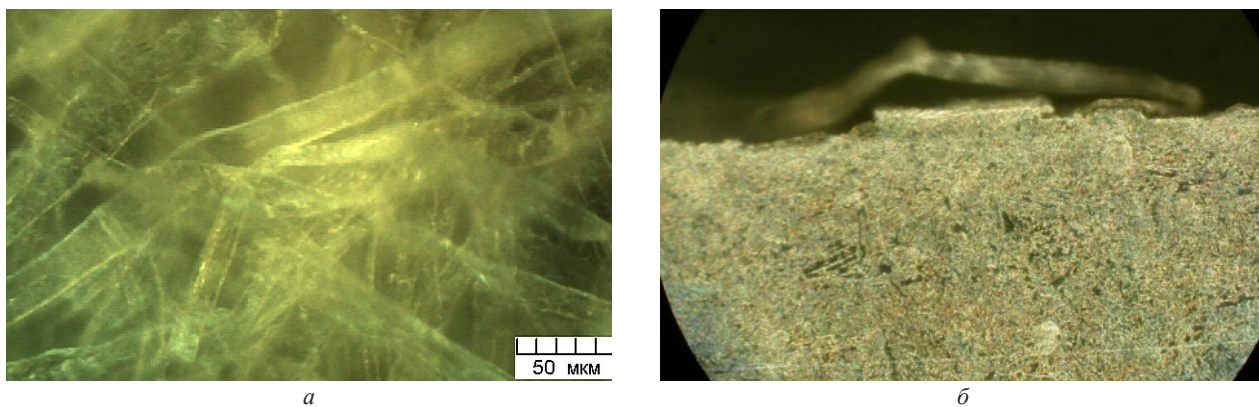


Рис. 5. Фильтровальная бумага (а) и ее отдельное волокно на краю образца (б)

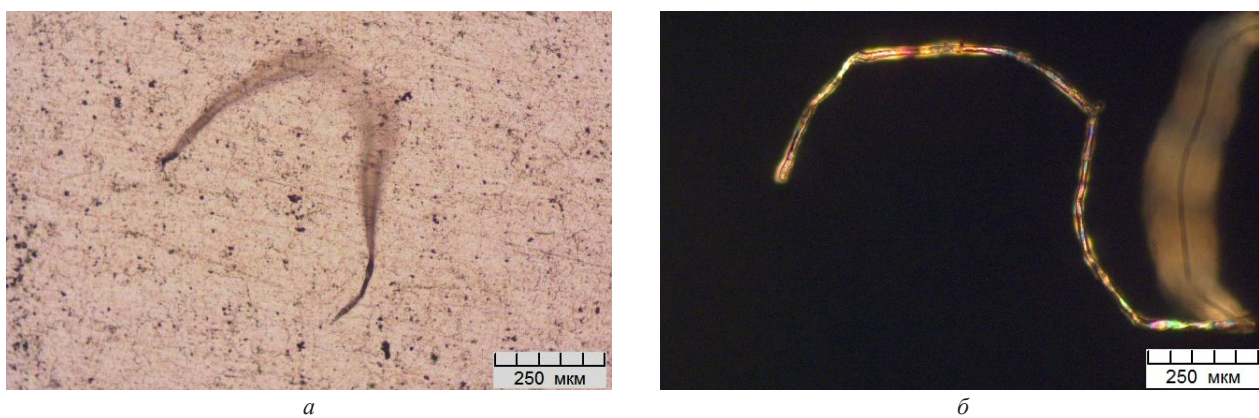


Рис. 6. Отдельные волокна фильтровальной бумаги:
а – волокно, колеблющееся в потоке теплого воздуха; б – волокно на предметном столике микроскопа

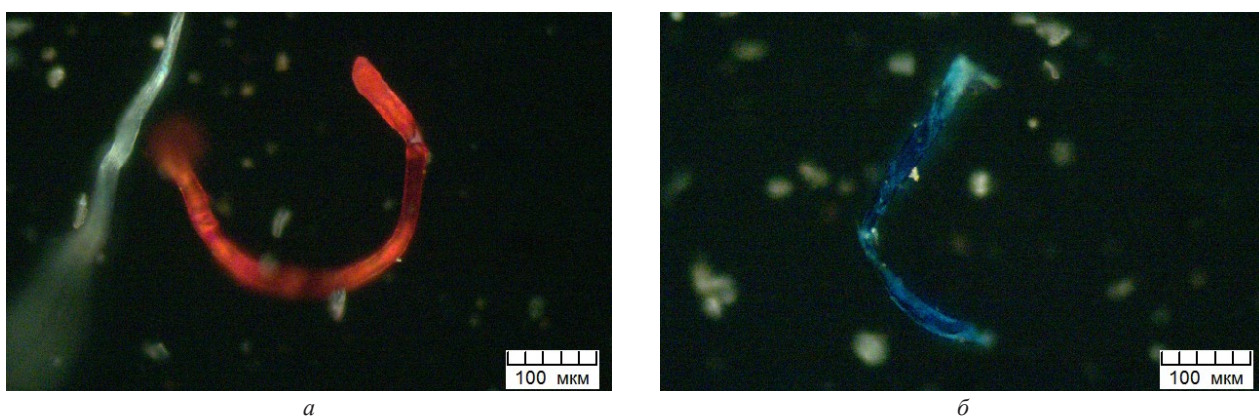


Рис. 7. Волокна фильтровальной бумаги в поляризованном свете

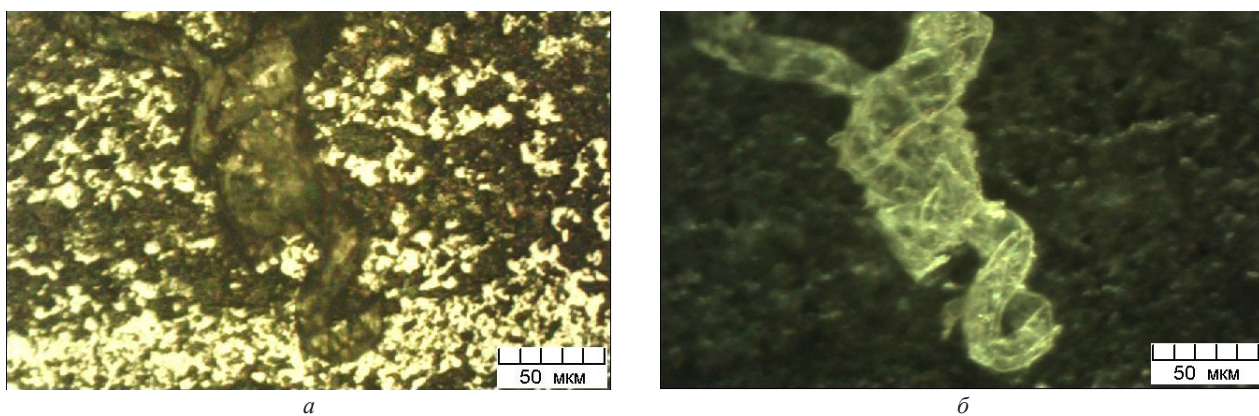


Рис. 8. Скрученное волокно фильтровальной бумаги: а – светлое поле; б – темное поле

В процессе металлографического травления волокна сильно окисляются и не всегда узнаваемы (рис. 8, *а*). В темном поле (рис. 8, *б*) такое волокно имеет более характерный вид, схожий с рис. 5, *а*.

Поляризованный свет позволяет обнаружить присутствие волокон полировочного круга (рис. 9). При обычном освещении на крупной частице (гранула алюминиевого сплава) заметны тонкие линии, происхождение которых не совсем понятно. При использовании поляризованного света видно, что в образце присутствуют нити от материала полировочного круга. В данном случае металлические гранулы консолидировали заливкой их в полировочную пластмассу. При этом часть гранул оказалась расположенной ниже уровня поверхности основного шлифа (верхняя часть кадра на рис. 9, *б*). Поскольку поверхность не была сплошной, а имела значительные впадины, полировочный материал имел возможность зацепиться за края.

На рис. 10 показана практическая часть наблюдений за волокнами и нитями. На рис. 10, *а* показан излом чугуна с волокном, попавшим в рабочую зону трибопары сталь-чугун. В результате произошла внезапная остановка вращения и температура в рабочей зоне поднялась как минимум до температур закалки, которая и произошла за счет охлаждения «на массу». При этом в зоне контакта произошло сплавление стали и чугуна, причем настолько, что линия соединения не видна даже после металлографического травления (рис. 10, *б*, белая полоса в нижней части рисунка). По-видимому, это волокно искусственного происхождения, поскольку обнаруженные фрагменты имели постоянный диаметр и достаточно хорошо отражали свет.

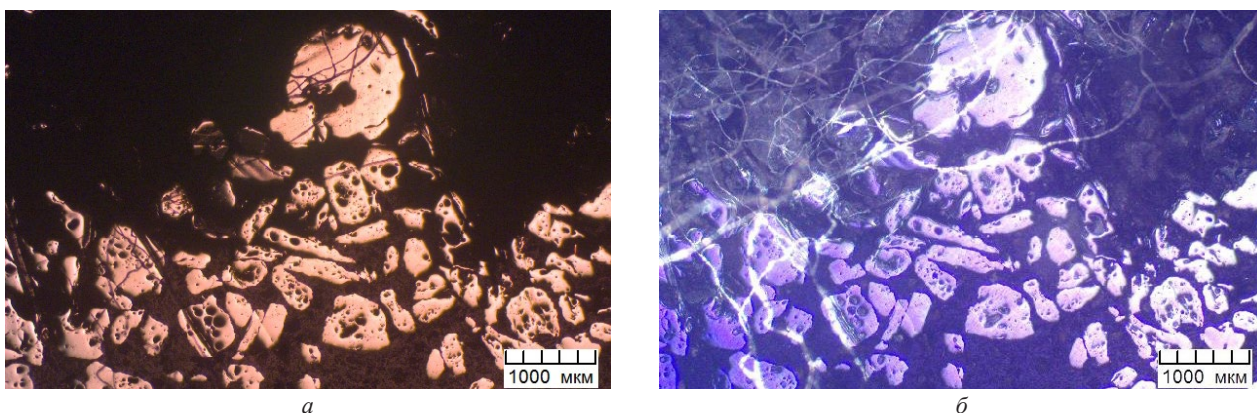


Рис. 9. Гранулы в пластмассовой заливке: *а* – светлое поле; *б* – поляризованный свет

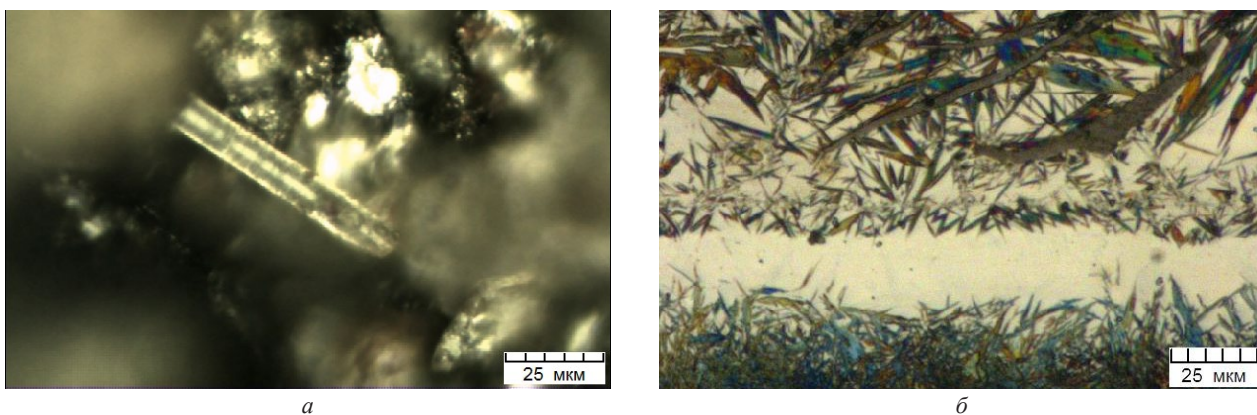


Рис. 10. Серый чугун: *а* – излом чугуна с волокном; *б* – структура зоны сплавления со сталью

Практически оптическая микроскопия – это хороший способ анализа кожевенного сырья. Растровая микроскопия непригодна для анализа таких материалов в силу того, что они являются непроводящими. При этом поверхность объекта приобретает статический заряд, что делает невозможным получение качественного изображения [3]. Эта же трудность существует и для тканей как натуральных, так и искусственных. На рис. 11, *а* показан образец кожи с отверстием, сделанным лазерной перфорацией (образец предприятия «Белвест») [4]. Образец находился в помещении, без обертки. На поверхности видны волокна и частицы домашней пыли различного размера [5]. Замша из кожи телят находилась в пластиковом пакете вместе с замшей черного и оранжевого цветов. Соответственно на поверхности фиксируются отдельные волокна иного цвета (рис. 11, *б*), поскольку темнопольное освещение позволяет видеть натуральные цвета окрашенных объектов [1]. Наблюдаются также единичные частички пыли белого цвета.

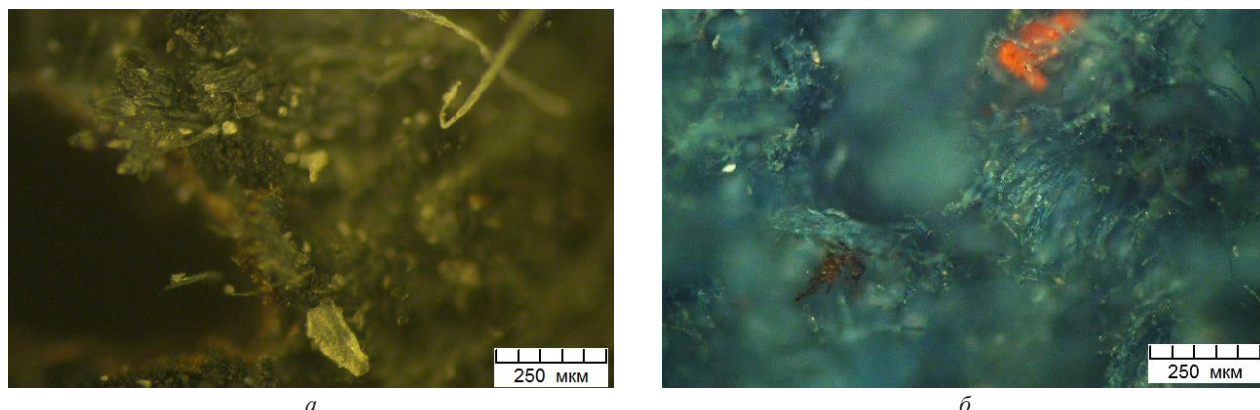


Рис. 11. Кожевенное сырье: *а* – обратная сторона кожи после лазерной перфорации; *б* – синяя замша; кожа телянка; темнопольное освещение

Таким образом, показаны нити и волокна различного происхождения как артефакты пробоподготовки при использовании различных способов оптического контрастирования [6]. Представленные материалы могут быть использованы материаловедами для идентификации ошибок пробоподготовки, а также описания нетрадиционных металлографических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Анисович А. Г., Румянцева И. Н.** Практика металлографического исследования материалов. Минск: Беларуская навука, 2013. 221 с.
2. **Анисович, А. Г.** Возможности использования темнопольного освещения для анализа несвязанных объектов // *Литье и металлургия*. 2013. № 1(69). С. 116–122.
3. **Анисович, А. Г.** Некоторые особенности микроскопического исследования неметаллических объектов. А. Г. Анисович, М. И. Маркевич, А. Н. Малышко // *Литье и металлургия*. 2020. № 2. С. 75–80.
4. **Анисович, А. Г.** Морфология поверхности натуральной кожи после лазерного воздействия / А. Г. Анисович, М. И. Маркевич, В. И. Журавлева и др. // *Электроника плюс*. 2021. № 2. С. 49–52.
5. **Анисович, А. Г.** Артефакты в металлографии: пыль // *Литье и металлургия*. 2020. № 3. С. 93–98.
6. **Анисович, А. Г.** Искусство металлографии: использование методов оптического контрастирования // *Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук*. 2016. № 1. С. 36–42.

REFERENCES

1. **Anisovich A. G., Rumjanceva I. N.** *Praktika metallograficheskogo issledovaniya materialov* [Practice of metallographic research of material]. Minsk, Belaruskaja navuka Publ., 2013, 221 p.
2. **Anisovich A. G.** Vozmozhnosti ispol'zovaniya temnopol'nogo osveshhenija dlja analiza nesvjazannyh ob#ektov [Possibilities of using dark-field illumination for the analysis of unrelated objects]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2013, no. 1(69), pp. 116–122.
3. **Anisovich A. G., Markevich M. I., Malyshko A. N.** Nekotorye osobennosti mikroskopicheskogo issledovaniya nemetallicheskikh ob'ektov [Some features of the microscopic study of non-metallic objects]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2020, no. 2, pp. 75–80.
4. **Anisovich A. G., Markevich M. I., Zhuravleva V. I., Shherbakova E. N., Shapovalov S. V.** Morfologija poverhnosti natural'noj kozhi posle lazernogo vozdejstvija [Morphology of the surface of natural leather after laser exposure]. *Jelektronika pljus = Electronics Plus*, 2021, no. 2, pp. 49–52.
5. **Anisovich A. G.** Artefakty v metallografii: pyl' [Artifacts in metallography: dust]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2020, no. 3, pp. 93–98.
6. **Anisovich A. G.** Iskusstvo metallografii: ispol'zovanie metodov opticheskogo kontrastirovaniya [The Art of Metallography: Using Optical Contrasting Techniques]. *Vesti NAN Belarusi, serija fiziko-tehnicheskikh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physical-technical series*, 2016, no. 1, pp. 36–42.