

Научная статья
УДК 621.45.038.74

ОПЫТ ВОРОНЕНИЯ СТАЛИ

**Владимир Валерьевич Иванов¹, Евгений Андреевич Боярских²,
Владимир Владимирович Илюшин³**

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ atos.fira@yandex.ru

² gora030415@gmail.com

³ ilushinvv@m.usfeu.ru

Аннотация. Рассмотрены технологии воронения стали. Выбраны оптимальные, для имеющихся возможностей и заданных потребностей, технологии. Оценена эффективность выбранных технологий. Разработана эффективная схема воронения для заданных условий эксплуатации.

Ключевые слова: воронение, матрица, полиуретан, сцепление

Для цитирования: Иванов В. В., Боярских Е. А., Илюшин В. В. Опыт воронения стали // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 753–756.

Original article

STEEL BLUING EXPERIENCE

Vladimir V. Ivanov¹, Evgeny A. Boyarskikh², Vladimir V. Ilyushin³

¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ atos.fira@yandex.ru

² gora030415@gmail.com

³ ilushinvv@m.usfeu.ru

Abstract. Steel bluing technologies are considered. Optimal technologies for existing capabilities and specified needs are selected. The effective scheme of bluing for the specified operating conditions is developed.

Keywords: bluing, matrix, polyurethane, adhesion

For citation: Ivanov V. V., Boyarskikh E. A., Ilyushin V. V. (2026) Opyt voroneniya stali [Steel bluing experience]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 753–756. (In Russ).

Для получения защитных и декоративных покрытий создаются оксидные пленки на поверхности изделия в результате протекания окислительно-восстановительной реакции. Процесс получения на поверхности стали или чугуна слоя оксидов железа толщиной до 10 мкм называется воронение, или чернение. От толщины слоя зависит его цвет – так называемые цвета побежалости, сменяющие друг друга по мере роста пленки (желтый, бурый, вишневый, фиолетовый, синий, серый).

Последние десятилетия все более широкое применение получают изделия из полимерных материалов. В частности, из полиуретана изготавливают детали, работающие в условиях высоких нагрузок и износа. Ключевые характеристики полиуретана, определяющие его конкурентные преимущества перед резиной и другими пластмассами [1]:

- рабочая температура: от -60 до $+120$ °С, кратковременно до $+140$ °С;
- устойчивость к маслам, ультрафиолетовому излучению, воде, микроорганизмам;
- диэлектрические свойства, стойкость к абразивному износу;
- высокая прочность на разрыв и сопротивление многократным деформациям;
- возможность точной заливки под заданную геометрию.

Такие характеристики обусловили применение полиуретана для изготовления сальники кабельного ввода (СКВ) для бурового оборудования в нефтяной и газовой промышленности.

Формы – матрицы для заливки полиуретаном – ранее поставлялись из-за рубежа, но в условиях санкций многие предприятия запустили процессы реверс-инжиниринга и начали справляться собственными силами, либо заказывать изготовление таких форм.

Одно из предприятий города Екатеринбург, занимающееся производством и поставкой СКВ, обратилось в СКБ «Механик» с проблемой сцепления полиуретановой отливки с внутренней поверхностью формы для литья. В ходе изучения вопроса проанализирована технология литья полиуретана и установлено, что температура исходных материалов – полиуретана, отвердителя и красителя – в технологическом процессе составляет порядка $140-150$ °С. В таких условиях полиуретан активно взаимодействует со стальной формой для литья и надежно сцепляется с ней. Также установлено, что проблемы сцепления не было при литье в оригинальные матрицы. Сделаны выводы, что оригинальные матрицы подвергались воронению с целью предотвращения адгезии полиуретана и стали.

Изучены различные виды и технологии [2–4] и сформированы три схемы, которые можно реализовать в имеющихся условиях: одна методом «холодного» воронения и две схемы «термического» воронения.

Холодное воронение реализовали жидкостью NANOPROTECH:

- шлифование наждачной бумагой зернистостью 1000;

- обезжиривание при помощи средства Azelit антижир и промывание в холодной проточной воде в течение 10 мин;
- нанесение на все поверхности средства NANOPROTECH кистью;
- выдержка с постоянным обновлением в течение не менее 20 мин;
- промывание в ванне с водой.

При термическом воронении формы-матрицы также, как и при холодном, вначале проводили шлифование, обезжиривание и погружение в льняное масло, а далее две схемы.

Схема 1:

- формы извлекаются из емкости с маслом и помещаются в печь, имеющую температуру 350 °С;
- выдерживается в печи в течение 25-30 минут до потемнения;
- извлекается и охлаждается на открытом воздухе.

Матрица размещалась в печи на цилиндрической поверхности, поэтому масло стекало по наружному и внутреннему диаметрам и скапливалось в виде утолщенных желеобразных полос, которые легко снимались при протирании ветошью и под ними наблюдали отсутствие защитного покрытия.

Схема 2:

- после извлечения из масла его излишки собираются с формы при помощи ветоши;
- форма устанавливается в печи, имеющей температуру 350 °С, на торцевую поверхность, для равномерного стекания масла без возможности концентрации его на локальных участках;
- выдерживается в печи в течение 25-30 минут до потемнения;
- извлекается и охлаждается на открытом воздухе.

По схеме 3 после охлаждения форму промывали в содовом растворе и повторно подвергали еще двум циклам воронения.

Заливка полиуретана в матрицы, подвергнутые воронения, показала следующие результаты:

- форма, подвергнутая холодному воронению после второй заливки, «сцепилась» с залитым полиуретаном, т. е. пришла в негодность;
- после термического воронения по схеме 1 в форму полиуретан не заливали, т. к. это заведомо привело бы к схватыванию полиуретана в зонах отсутствия защитного покрытия;
- термическое воронение по схеме 2 оказалось наиболее эффективным и выдержало семь заливок полиуретаном.

На основе анализа результатов выполненной работы и обзора сети «Интернет» принята следующая технология воронения форм:

- шлифование наждачной бумагой зернистостью 1000;
- обезжиривание при помощи средства Azelit антижир и промывание в холодной проточной воде в течение 10 мин;

- предварительный подогрев заготовки в муфельной печи до температуры 180-200 °С;
- погружение в льняное масло с последующим охлаждением до комнатной температуры;
- далее по режиму термического воронения с однократным циклом нагрева.

Форма-матрица, подвергнутая воронению по модернизированной технологии, выдержала свыше 30 заливок полиуретаном и используется в настоящее время.

Список источников

1. Изделия из полиуретана ООО «СнабПолимерДеталь» // ООО «СПД» : [сайт]. URL: <https://www.snabpd.ru> (дата обращения: 30.11.2025).
2. Воронение. Большая советская энциклопедия : в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. Изд. 3-е изд. М. : Советская энциклопедия, 1969 // Российская государственная библиотека : [сайт]. URL: <https://clck.ru/3RoPoL> (дата обращения: 14.02.2026).
3. Как воронить металл в домашних условиях // ООО «Роста» : [сайт]. URL: <https://clck.ru/3RpvsF> (дата обращения: 30.11.2025).
4. Воронение металла: задачи и способы // ООО «ВТ-МЕТАЛЛ» : [сайт]. URL: <https://vt-metall.ru/articles/voronenie-metalla/> (дата обращения: 30.11.2025).