



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-3-56-58>  
УДК 669.21

Поступила 10.06.2020  
Received 10.06.2020

## ПЛАКИРОВАННЫЙ АРМАТУРНЫЙ ПРОКАТ

*Е. С. ОВЧИННИКОВ, И. А. ОВЧИННИКОВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская область, Беларусь, ул. Промышленная, 37.*

*Преждевременное разрушение железобетонных конструкций, подвергаемых агрессивному воздействию окружающей среды, является серьезной проблемой как с технической, так и с экономической точки зрения. Арматура из углеродистой стали, заложённая в бетон, обычно не подвержена коррозии из-за образования защитной ионно-оксидной пленки, которая пассивирует сталь в условиях сильных щелочей в порах бетона. Однако эта пассивность может быть нарушена хлоридами, проникающими через бетон, или из-за карбонизации, достигающей поверхности арматуры. Затем начинается коррозия.*

*Примером решения данной проблемы является замена при строительстве обычной стальной арматуры на плакированную. Через близко расположенные поверхности раздела двух твердых металлов атомы диффундируют между собой с различной скоростью при высокой температуре, определенном давлении. Тем самым, создается металлургическая связь между двумя твердыми металлами, целостность или «прочность» которых зависит от «чистоты» границы раздела между двумя металлами и атомов, составляющих эту «переходную зону» или связь.*

*В статье исследуется плакированный арматурный прокат с целью определения возможности производства в условиях стана 320 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Для изучения нового вида арматуры были проведены такие виды исследований, как определение химического состава, микроструктуры, механических свойств. Определены основные преимущества данного вида продукции.*

**Ключевые слова.** Плакирование, коррозия, арматурный прокат, нержавеющая сталь, углеродистая сталь, защита от коррозионного разрушения, эффект Киркендалла.

**Для цитирования.** Овчинников, Е. С. Плакированный арматурный прокат / Е. С. Овчинников, И. А. Овчинникова // Литейная металлургия. 2020. № 3. С. 56–58. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-3-56-58>.

## CLAD ROLLED REINFORCING BARS

*E. S. OVCHINNIKOV, I. A. OVCHINNIKOVA, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya Str.*

*Premature destruction of reinforced concrete structures exposed to aggressive environmental influences is a serious problem, both from a technical and economic point of view. Carbon steel reinforcing bar embedded in concrete is usually not subject to corrosion due to the formation of a protective ion-oxide film that passivates the steel under conditions of strong alkalis in the concrete pores. However, this passivity can be disrupted by chlorides penetrating the concrete, or by carbonation reaching the surface of the reinforcing bar. Then the corrosion begins.*

*An example of a solution to this problem is the replacement of conventional steel reinforcement with clad steel during construction. Through the closely spaced interface of two solid metals, the atoms diffuse with each other at different speeds, at a high temperature, and at a certain pressure. This creates a metallurgical bond between two solid metals, the integrity or «strength» of which depends on the «purity» of the interface between the two metals and on the atoms that make up this «transition zone» or bond.*

*The article investigates plated rebar, to determine the possibility of production in a mill 320 OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC». To study the new type of reinforcing bars, special types of research were conducted as determining the chemical composition, microstructure, and mechanical properties. The main advantages of this type of product are defined in the article.*

**Keywords.** Cladding, corrosion, rolled reinforcing bars, stainless steel, carbon steel, protection from corrosion destruction, the Kirkendall effect.

**For citation.** Ovchinnikov E. S., Ovchinnikova I. A. Clad rolled reinforcing bars. Foundry production and metallurgy, 2020, no. 3, pp. 56–58. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-3-56-58>.

Одним из важных вопросов в строительной отрасли является сохранение эксплуатационных характеристик железобетонных конструкций в средах с повышенной коррозионной нагрузкой. Преждевременное разрушение железобетонных конструкций, таких, как мосты, путепроводы и другие сооружения, подвергаемые агрессивному воздействию окружающей среды, является серьезной проблемой как с технической, так и с экономической точки зрения.

Данная проблема впервые была решена в США с помощью замены обычной стальной арматуры на плакированную арматуру. Термин «плакирование» – это покрытие поверхностей деталей равномерным слоем другого металла посредством сильного сжатия и пластической деформации.

Данная технология применена при строительстве мостов не только в морском климате, но и при строительстве сооружений на реках и озерах, в странах, использующих соляные реагенты в зимний период. Примером таких сооружений является мост через канал Северная Голландия в Канаде, мост Большой Бельт в Дании, срок службы которого составляет 100 лет.



Рис. 1. Плакированная арматура

Принцип производства плакированной арматуры состоит в том, что заранее очищенную от окалины заготовку помещают в квадратную трубу из нержавеющей стали, которую обжимают в пресс-форме, приваривают края и нагревают в печи, после чего прокатывают на стане (рис. 1). Полученная продукция аттестовывается по американскому стандарту AASHTO.

На ОАО «БМЗ» – управляющая компания «БМК» были предоставлены образцы плакированной арматуры с целью исследования возможности производства данного вида продукции в условиях стана 320. Для изучения нового вида арматуры были проведены исследования химического состава, микроструктуры, механических свойств.

Химический состав сердцевины в арматурном прокате соответствует стали 20 по ГОСТ 1050–88, плакирующего слоя аналогичен стали марки 04X18H10 по ГОСТ 5632–72.

Основной слой в арматурном прокате из стали 20 после прокатки имеет феррито-перлитную структуру. Нержавеющая сталь плакированного слоя относится к аустенитному классу сталей, размер зерна составляет от 15 до 31 мкм (рис. 2).

На границе раздела стали 20 и нержавеющей стали обнаружена светлая полоса толщиной до 80 мкм, направленная в сторону стали 20, а именно выявлено обезуглероживание стали 20 за счет диффузии углерода в нержавеющую сталь. Образованные поры со стороны нержавеющей стали указывают на взаимное проникновение легирующих элементов из одного слоя в другой. Диффузии углерода легирующих элементов и образование микропор связаны с эффектом Киркендалла. Эффект Киркендалла – неравенство встречных диффузионных потоков атомов разных компонентов. При вакансионном механизме диффузии в тех участках твердого раствора, откуда уходят наиболее быстро диффундирующие атомы, появляются избыточные вакансии и возникает диффузионная пористость (рис. 3).

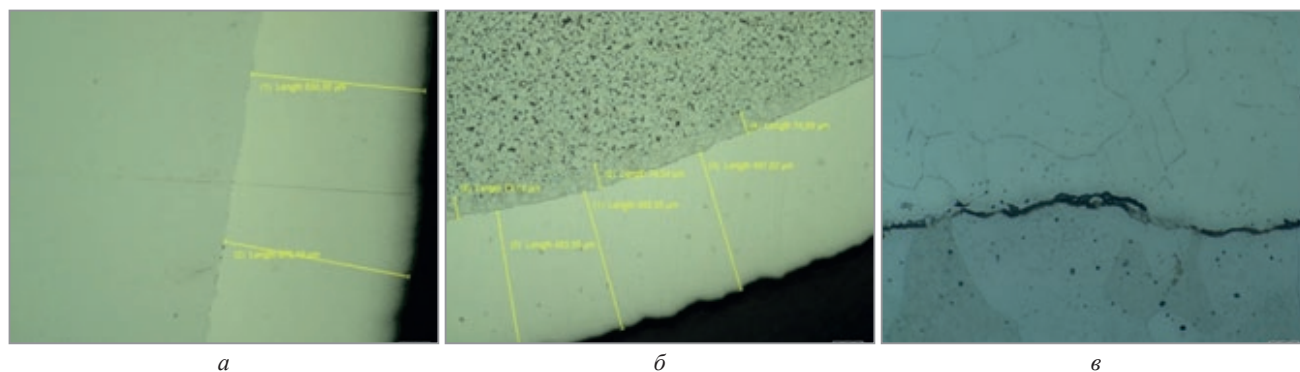


Рис. 2. Полированный образец (а).  $\times 100$ ; травление в реактиве «Nitall» (б).  $\times 100$ ; выявленные границы зерен нержавеющей аустенитной стали (в).  $\times 1000$

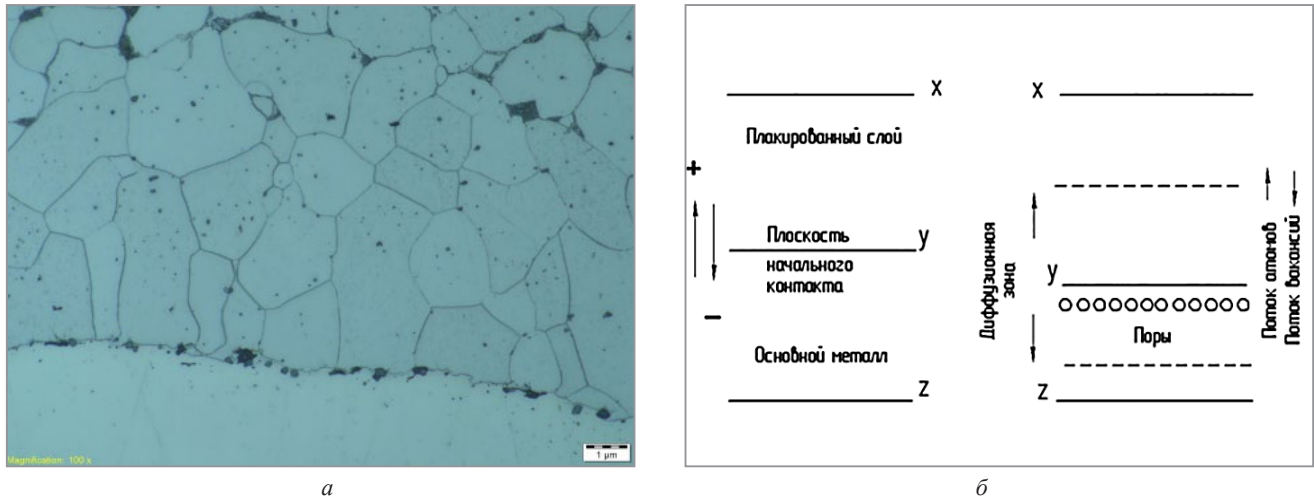


Рис. 3. Диффузионные микropopы в микроструктуре проката (а).  $\times 100$ ; схематическое изображение эффекта Киркендалла (б)

Микрорентгеноструктурный анализ выполняли на сканирующем электронном микроскопе с целью определения концентрации легирующих элементов от поверхности плакированного слоя к средней зоне арматуры (рис. 4).

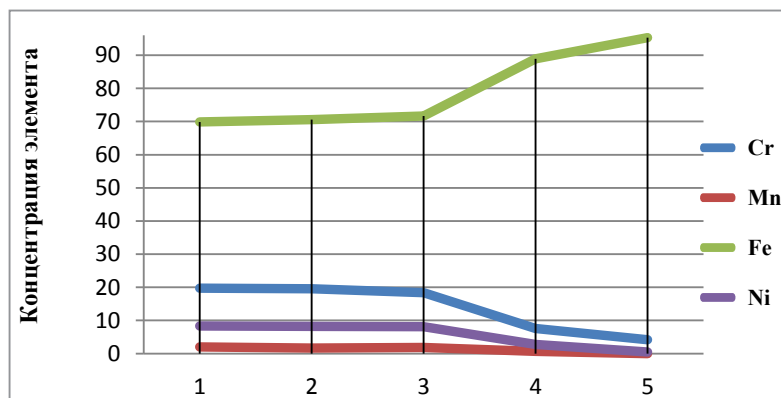


Рис. 4. Изменение содержания Fe, Cr, Mn и Ni в переходной зоне плакированной двухслойной стали, полученной прокаткой

Сравнение механических свойств арматуры с плакированным слоем и аналогичной стальной арматуры приведено в таблице.

#### Механические свойства арматуры

Тип арматуры	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Модуль упругости, ГПа	Предельная деформация, %
Плакированная, 15.9 mm	448	697	116	14
Стальная	530	685	—	11

#### Выводы

Основными преимуществами плакированных сталей в сравнении с гомогенными являются сочетание комплекса свойств, не достижимых при применении рядовых сталей; увеличение надежности и долговечности конструкций; значительное снижение или полное исключение ремонтных работ при эксплуатации конструкций.

Специалисты ОАО «БМЗ – управляющая компания «БМК» пришли к выводу о наличии возможности изготовления плакированного арматурного проката в условиях завода.

Технология производства плакированного арматурного проката является инновационной и на территории стран СНГ такой вид продукции не производят.