



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-61-63>
УДК 669

Поступила 18.01.2022
Received 18.01.2022

ВЛИЯНИЕ ЦИРКОНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ

Е. С. ЕЛЬЦОВА, О. Ю. ХОДОСОВСКАЯ, Ю. И. КОЗЫРЕВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: Imp.icm@bmz.gomel.by

Определена возможность использования циркония в составе стали марки Arch-Zr при изготовлении холоднодеформированной арматуры трехстороннего периодического профиля класса прочности 500 МПа с целью повышения прочностных характеристик готовой арматуры. Приведены данные о результатах испытаний катанки/заготовки диаметром 8,8 мм, которая предназначена для изготовления холоднодеформированной арматуры диаметром 8,0 мм. Выполнен сравнительный анализ физико-механических свойств готовой холоднодеформированной арматуры диаметром 8,0 мм из стали марки Arch-Zr и арматуры трехстороннего периодического профиля, изготовленной из катанки обычного качества. Проведен анализ полученных свойств и оценка холоднодеформированной арматуры на соответствие требованиям стандартов. Выявлено, что добавка в сталь циркония в количестве 0,019% не оказывает влияния на конечные прочностные характеристики полученной холоднодеформированной арматуры трехстороннего периодического профиля класса прочности 500 МПа. Значения физико-механических параметров полученной холоднодеформированной арматуры аналогичны параметрам холоднодеформированной арматуры, изготовленной из катанки обычного качества без использования легирования.

Ключевые слова. Холоднодеформированная арматура, сталь, трехсторонний периодический профиль, класс прочности 500 МПа, цирконий, прочностные характеристики.

Для цитирования. Ельцова, Е. С. Влияние циркония на прочностные свойства холоднодеформированной арматуры / Е. С. Ельцова, О. Ю. Ходосовская, Ю. И. Козырева // Литье и металлургия. 2022. № 1. С. 61–63. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-61-63>.

THE EFFECT OF ZIRCONIUM ON THE STRENGTH COLD-DEFORMED REINFORCEMENT PROPERTIES

E. S. ELTSOVA, O. Yu. KHODOSOVSKAYA, Yu. I. KOZYREVA, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», Zhlobin, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: Imp.icm@bmz.gomel.by

The possibility of using zirconium in the steel composition of the Arch-Zr brand in the cold-deformed reinforcement of a three-sided periodic profile of strength class 500 MPa manufacture in order to increase the finished reinforcement strength characteristics is determined. There is test results information of a wire rod /blank with an 8.8 mm diameter, which is intended for the manufacture of cold-deformed fittings with an 8.0 mm diameter, are presented. A comparative analysis of the physical and mechanical finished cold-deformed fittings properties with an 8.0 mm diameter made of steel grade Arch-Zr and fittings of a three-sided periodic profile made of wire rod of ordinary quality was done. Analyzed the obtained properties and the cold-deformed fittings evaluation for meeting the standards' requirements. Identified that the addition of zirconium to steel in an amount of 0.019% does not affect the final strength characteristics of the produced cold-deformed reinforcement of a three-sided periodic profile of strength class 500 MPa. The values of the physical and mechanical parameters of the produced cold-deformed reinforcement are similar to the cold-formed reinforcement parameters made of wire rod of ordinary quality without the use of alloying.

Keywords. Cold-deformed reinforcement, steel, three-sided periodic profile, strength class 500 MPa, zirconium, strength characteristics.

For citation. Eltsova E. S., Khodosovskaya O. Yu., Kozyreva Yu. I. The effect of zirconium on the strength cold-deformed reinforcement properties. Foundry production and metallurgy, 2022, no. 1, pp. 61–63. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-61-63>

Введение

Самым первым потребителем металлического циркония была черная металлургия [1]. Роль циркония в производстве стали связана с большим химическим сродством этого элемента к кислороду, азоту, углероду и сере, а также с его влиянием на размер зерна и прокаливаемость стали. Наличие в стали циркония позволяет повысить ее прочностные характеристики. Данный металл применяется как раскислитель и деазотизатор, повышая, тем самым, качество получаемого металла [2].

В металлургии легирование производится в основном введением в расплав или шихту дополнительных веществ, улучшающих механические, физические и химические свойства сплава. Сталь считается легированной, если в ней содержится циркония свыше 0,05%. Содержание циркония в количестве 0,019% не дает возможности считать сталь легированной.

Было принято решение провести работу с целью определения возможности использования стали марки Арх-Zr (марки Арх-1 с содержанием Zr = 0,019% (E31, E32)) при изготовлении холоднодеформированной арматуры трехстороннего периодического профиля класса прочности 500 МПа.

Основная часть

В условиях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» была произведена выплавка стали марки Арх-Zr. Выплавленный металл был передан для изготовления катанки-заготовки диаметром 8,8 мм. Для контроля свойств в соответствии с заводскими техническими условиями отобраны и исследованы образцы изготовленной катанки. Полученные параметры готовой катанки диаметром 8,8 мм приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры готовой катанки стали марки Арх-Zr диаметром 8,8 мм

Относительное удлинение, %	Относительное сужение	Предел текучести R_e , Н/мм ²	Предел прочности R_m , Н/мм ²	Пластичность R_m/R_e	Пластичность обратная R_e/R_m
37	73	300	460	1,53	0,65
39	75	310	455	1,47	0,68

Проведенный анализ показал, что полученная катанка/заготовка из стали марки Арх-Zr диаметром 8,8 мм соответствовала всем требованиям и может быть использована при изготовлении арматуры. Параметры готовой катанки стали марки Арх-Zr диаметром 8,8 мм, такие, как относительное удлинение, относительное сужение, предел текучести, предел прочности, пластичность, пластичность обратная, были аналогичны параметрам арматуры, изготовленной из стали обычного качества.

Из катанки диаметром 8,8 мм изготовлена трехсторонняя ребристая холоднодеформированная арматура диаметром 8,0 мм. На соответствие требованиям, предъявляемым к готовой продукции, испытывали каждый 1, 2, 3, 5, 10, 15-й моток и т.д. Геометрические параметры готовой арматуры, изготовленной с использованием заготовки из стали марки Арх-Zr, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Геометрические параметры холоднодеформированной арматуры диаметром 8,0 мм, изготовленной с использованием заготовки из стали марки Арх-Zr

Значение	Высота ребра			Ширина ребра, мм	Расстояние между центрами ребер, мм	Сумма расстояний между рядами ребер, мм	Угол α , град	Угол β , град	Относительная поверхность ребер	Линейная плотность, кг/м
	в середине, мм	в 1/4 точки, мм	в 3/4 точки, мм							
Минимальное	0,48	0,38	0,32	1,20	5,51	2,93	52	54	0,05	0,389
Максимальное	0,70	0,57	0,55	1,60	5,77	3,98	57	60	0,06	0,395
Среднее	0,57	0,44	0,40	1,37	5,65	3,29	55	57	0,06	0,393
Требования согласно стандартам										
Минимальное	0,40	0,44*	0,44*	0,80	4,00	-	45	35	0,045	0,377
Максимальное	0,80		-	1,60	8,00	6,28	-	75	-	0,413
Требования по СТБ										
Минимальное	0,24		-	0,80	3,20	-	30	35	0,045	0,371
Максимальное	1,20		-	1,60	9,60	5,20	-	75	-	0,419

* Ориентировочный параметр.

Проанализировав полученные данные, выявили, что изготовленная арматура соответствовала всем требованиям профиля готовой продукции в соответствии со стандартами DIN 488-1:2009, DIN 488-3:2009, DIN 488-6:2010, IBDiM-KOT-2020/0541, NEN 6008:2008, BRL 0501:2010, NS 3576-1:2005, SFS 1300:2020, LST EN 10080:2006 (спецификация 1098-0/CC-2011), DIN 488-4:2009 и СТБ 1704-2012.

Для сравнения и оценки влияния циркония на свойства полученной арматуры в табл. 3 приведены значения физико-механических свойств серийно изготовленной арматуры и арматуры, изготовленной с использованием заготовки из стали марки Арх-Zr.

Результаты показали, что значения параметров, таких, как временное сопротивление разрыву, условный предел текучести, отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу

Таблица 3. Результаты физико-механических испытаний арматуры, изготовленной из стали марки Арх-Zr в сравнении с производственными наработками

Значение	Временное сопротивление разрыву, МПа (Н/мм ²)	Условный предел текучести, МПа (Н/мм ²)	Отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести	Полное относительное удлинение при максимальной нагрузке Agt.%
Арх-Zr				
Минимальное	605	562	1,05	3,7
Максимальное	622	585	1,08	6,0
Среднее	614	577	1,06	4,7
Арх-1				
Минимальное	581	517	1,05	3,5
Максимальное	637	595	1,08	6,3
Среднее	614	577	1,06	4,6
Требования согласно стандартам				
Минимальное	-	500	1,07	3,5
Максимальное	-	650	-	-
Требования по СТБ				
Минимальное	-	500	1,05	2,5
Максимальное	-	-	-	-

текучести арматуры, изготовленной из стали марки Арх-Zr, аналогичны параметрам арматуры, изготовленной при серийных наработках из стали марки Арх-1. Выявлено небольшое увеличение полного относительного удлинения при максимальной нагрузке на 2,2 % на арматуре, изготовленной из стали с использованием Zr.

Отметим, что тенденции к увеличению прочностных показателей у арматуры с цирконием нет, так как все единичные максимальные значения параметров у нее ниже, чем у арматуры, изготовленной с использованием стали марки Арх-1. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что заготовка из стали марки Арх-Zr с содержанием циркония в количестве 0,019% не оказывает влияния на конечные прочностные характеристики получаемой холоднодеформированной арматуры класса прочности 500 МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Одесский, П. Д.** Микролегированные стали для северных и уникальных металлических конструкций / П. Д. Одесский, Л. А. Смирнов, Д. В. Кулик. М.: Интермет Инжиниринг, 2006. 176 с.
2. **Рудской, А. И.** Нанотехнологии в металлургии / А. И. Рудской. СПб.: Санкт-Петербургский гос. политехн. ун-т, 2007. 185 с.

REFERENCES

1. **Odesskij P.D., Smirnov L.A., Kulik D.V.** *Mikrolegirovannye stali dlja severnyh i unikal'nyh metallicheskih konstrukcij* [Microalloyed steels for northern and unique metal structures]. Moscow, Internet Inzhiniring Publ., 2006. 176 p.
2. **Rudskoj A.I.** *Nanotehnologii v metallurgii* [Nanotechnologies in metallurgy]. Sankt-Peterburg, Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj politehnicheskij universitet Publ., 2007, 185 p.