



Сравнительное исследование качественных характеристик высокоуглеродистой катанки различных производителей, применяемой для изготовления канатной арматуры

Проведено сравнительное исследование качественных характеристик высокоуглеродистой катанки различных производителей, применяемой для изготовления канатной арматуры согласно требованиям стандарта pr EN 10138-3. Катанка ММЗ характеризуется оптимальным сочетанием механических свойств и микроструктуры. Среднее содержание перлита первого балла в микроструктуре катанки – 80 %, что значительно выше чем в катанке производства ОАО «Северсталь», но незначительно ниже чем в катанке производства ArcelorMittal и FNsteel. Уровень обезуглероживания поверхности несколько выше чем в катанке производства ArcelorMittal и FNsteel, но значительно ниже чем в катанке производства ОАО «Северсталь». По структурно-свободному цементиту (класс В) катанка ММЗ является более предпочтительной по сравнению с катанкой ОАО «Северсталь» и FNsteel и находится на одном уровне с катанкой ArcelorMittal. Ил. 4. Табл. 3.

Ключевые слова: катанка, канатная арматура, микроструктура, механические свойства

A comparative study of qualitative characteristics of high-carbon wire rod of different manufacturers used for production of cable fittings armature according to requirements of the standard pr EN 10138-3 is fulfilled. Wire rod MSW is characterized by an optimal combination of mechanical properties and microstructure. The average content of perlite of the first grade in the microstructure of wire rod is 80 %, which is considerably higher than in the wire rod of JSC «Severstal» production, but slightly lower than in the wire rod of ArcelorMittal and FNsteel production. The level of surface decarburization is slightly higher than in the wire rod of ArcelorMittal and FNsteel production, but much lower than in the wire rod of JSC «Severstal» production. On structural-free cementite (class B) MSW wire rod is more preferable in comparison with the JSC «Severstal» and FNsteel wire rod and is on par with ArcelorMittal wire rod.

Keywords: wire rod, cable fittings, microstructure, mechanical properties

Катанка из высокоуглеродистых марок стали является исходным сырьем для производства высокопрочной проволоки, которая применяется для изготовления канатной арматуры (прядей) по стандарту pr EN 10138-3. Вышеуказанная продукция должна обладать высокими потребительскими свойствами, уровень которых во многом зависит от способа производства стали, химического состава, формирования структурного состояния металла и механических свойств после ускоренного охлаждения с прокатного нагрева.

Ведущими производителями качественной высокоуглеродистой катанки в Европе являются такие металлургические компании, объединяющие в себе группу заводов, как FNsteel (Finland Netherlands Steel), ArcelorMittal. Исключением не является и ОАО «Молдавский металлургический завод» (ММЗ) – современное высокопроизводительное предприятие черной металлургии, обладаю-

щее технологиями мирового уровня, производящее непрерывнолитую стальную заготовку, мелкосортный прокат и катанку из низкоуглеродистых, высокоуглеродистых и низколегированных сталей по стандартам СНГ и ведущих стран мира.

Представляло интерес провести сравнительное исследование качественных характеристик высокоуглеродистой катанки, применяемой для производства канатной арматуры, различных производителей.

Для проведения сравнительной оценки были отобраны образцы высокоуглеродистой катанки диаметром 12 мм четырех заводов-производителей: ОАО «Северсталь» (РФ), FNsteel (Финляндия), ArcelorMittal (Германия), ММЗ (Молдова).

Химический состав исследованных образцов представлен в табл. 1

Таблица 1. Химический состав стали различных заводов-изготовителей

№ п/п	Производитель	Химический состав, % по массе										
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	N	V	B
1	ОАО «Северсталь» (РФ)	0,82	0,55	0,28	0,009	0,006	0,04	0,04	0,08	0,005	0,065	0,0002
2	FNsteel (Финляндия)	0,81	0,82	0,21	0,014	0,003	0,18	0,05	0,03	0,005	0,075	0,0002
3	ArcelorMittal (Германия)	0,83	0,74	0,25	0,007	0,009	0,22	0,05	0,06	0,005	0,009	0,0004
4	ММЗ (Молдова)	0,84	0,66	0,19	0,008	0,001	0,03	0,09	0,16	0,008	0,082	0,0015

Как видно из табл. 1, содержание углерода у всех производителей находится примерно на одном уровне – 0,81-0,84 %. Содержание марганца в стали производства FNsteel максимально и составляет 0,82 %, а в сталях ОАО «Северсталь», ArcelorMittal и ММЗ – 0,55; 0,74 и 0,66 % соответственно.

В стали производства ОАО «Северсталь» наблюдается низкое суммарное содержание примесей цветных металлов $Cr + Ni + Cu = 0,16 \%$, в стали FNsteel – 0,26 %, в стали ArcelorMittal – 0,33 %, ММЗ – 0,28 %. Однако содержание Cr в стали ArcelorMittal составляет 0,22 %, а в стали FNsteel – 0,18 %, что говорит о дополнительном вводе хрома в сталь в виде легирующего элемента.

Содержание V в стали ОАО «Северсталь» – 0,065 %, FNsteel – 0,075 %, ArcelorMittal – 0,009 %. На основании анализа данных, представленные стали различных производителей можно классифицировать следующим образом:

- ОАО «Северсталь» – с дополнительным вводом ванадия ($V = 0,065 \%$);
- FNsteel – с дополнительным вводом ванадия и хрома ($V = 0,075 \%$, $Cr = 0,18 \%$);
- ArcelorMittal – с дополнительным вводом хрома ($Cr = 0,22 \%$);
- ММЗ – с дополнительным вводом ванадия ($V = 0,0817 \%$).

Сталь ОАО «Северсталь» и FNsteel характеризуется фоновым содержанием бора (0,0002 %), ArcelorMittal – 0,0004 %, ММЗ – 0,0015 %.

Содержание общего азота в исследованных сталях было следующим: ОАО «Северсталь» – 0,005 %, FNsteel – 0,005 %, ArcelorMittal – 0,005 %; ММЗ – 0,008 %.

Как указывалось выше, в стали ММЗ содержание бора достигает 0,0015 %, что в 4-7,5 раза превышает его количество в стали других производителей. Это приводит к частичному связыванию азота в нитрид бора, благодаря чему содержание свободного азота, вызывающего эффект деформационного старения, соответствует уровню общего азота в других исследованных сталях.

Анализ микроструктуры образцов проводили в соответствии со стандартом EN ISO 16120-1:2011 (приложение D), согласно которому оценку доли разрешимого под микроскопом перлита осуществляли при увеличении 500, а также определяли количество перлита 1 балла по ГОСТ 8233-56 и ТУ У 27.1-4-519-2002 при увеличении 1000.

Для выявления цементитной сетки шлифы рассматривали под микроскопом при увеличении 400. Поле для исследования выбирали таким образом, чтобы оно соответствовало наиболее выраженной сетке, которую сравнивали с нормами шаблона III стандарта NF A 04-114.

Результаты оценки цементитной сетки приведены в табл. 2.

Таблица 2. Оценка цементитной сетки по стандарту NF A 04-114

№ п/п	Производитель	Количество неразрешимого перлита, %	Количество перлита 1 балла, %	Оценка цементитной сетки	
				Класс цементитной сетки	Описание
1	ОАО «Северсталь»	49	51	С	Цементитом окружено не менее 1 зерна или четко выраженная сетка
2	FNsteel	13	87	Е	Непрерывная сетка цементита (цементитом окружено не менее 15 зерен)
3	ArcelorMittal	13	87	В	Следы цементита
4	ММЗ	20	80	В	Следы цементита

Из приведенных данных следует, что в катанке производства ММЗ и ArcelorMittal обнаружены следы цементита, что отвечает классу В стандарта NF A 04-114. В катанке ОАО «Северсталь» цементитная сетка соответствует классу С – цементитом окружено не менее 1 зерна или присутствует четко выраженная сетка. Микроисследование структуры образца FNsteel выявило наличие структурно-свободного цементита класса Е. Данный вид дефекта является опасным для дальнейшей переработки катанки, так как обеспечивает повышенную обрывность.

Были проведены механические испытания образцов катанки, оценка которых позволила ранжировать результаты следующим образом: первую позицию по комплексу свойств (самые высокие значения прочностных и пластических свойств) занимает катанка FNsteel, затем по установленным критериям следует соответственно катанка ММЗ, ArcelorMittal, ОАО «Северсталь» (рис. 1).

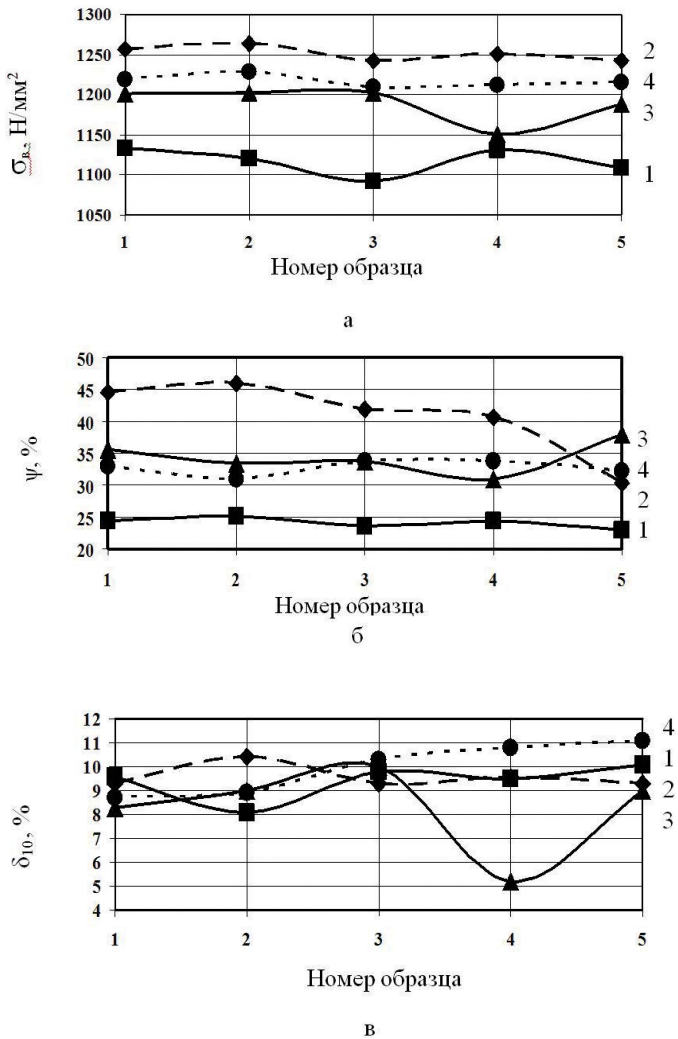


Рис. 1. Временное сопротивление (а), относительные сужение (б) и удлинение (в) исследованных образцов катанки: 1 - ОАО «Северсталь»; 2 - FNsteel; 3 - ArcelorMittal; 4 - ММЗ

Анализ глубины обезуглероженного слоя (ОБЗ) показал (рис. 2): катанка ОАО «Северсталь» отличается самым высоким уровнем обезуглероживания (до 2,6 %); ОБЗ катанки FNsteel и ArcelorMittal имеет незначительную глубину - 0,9 и 0,7 % соответственно; ОБЗ катанки ММЗ - 1,6 %.

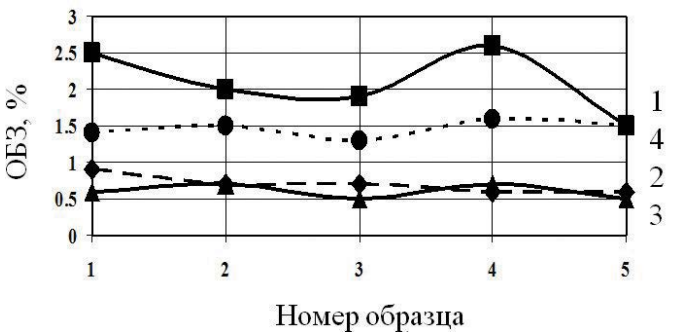


Рис. 2. Обезуглероженный слой исследованных образцов: 1 - ОАО «Северсталь»; 2 - FNsteel; 3 - ArcelorMittal; 4 - ММЗ

Оценка загрязненности катанки неметаллическими включениями (НВ) проводилась согласно методу Ш ГОСТ 1778-70. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты оценки неметаллических включений

Производитель	Неметаллические включения (оценка в баллах)		
	Сульфиды	Силикаты недеформирующиеся	Силикаты хрупкие
ОАО «Северсталь»	1,0	1,5	1,5
FNsteel	-	2,5	1,0
ArcelorMittal	-	2,5	3,5
ММЗ	1,0	1,0	1,5

На рис. 3 представлены микрофотографии НВ, встречающихся в исследуемых образцах катанки

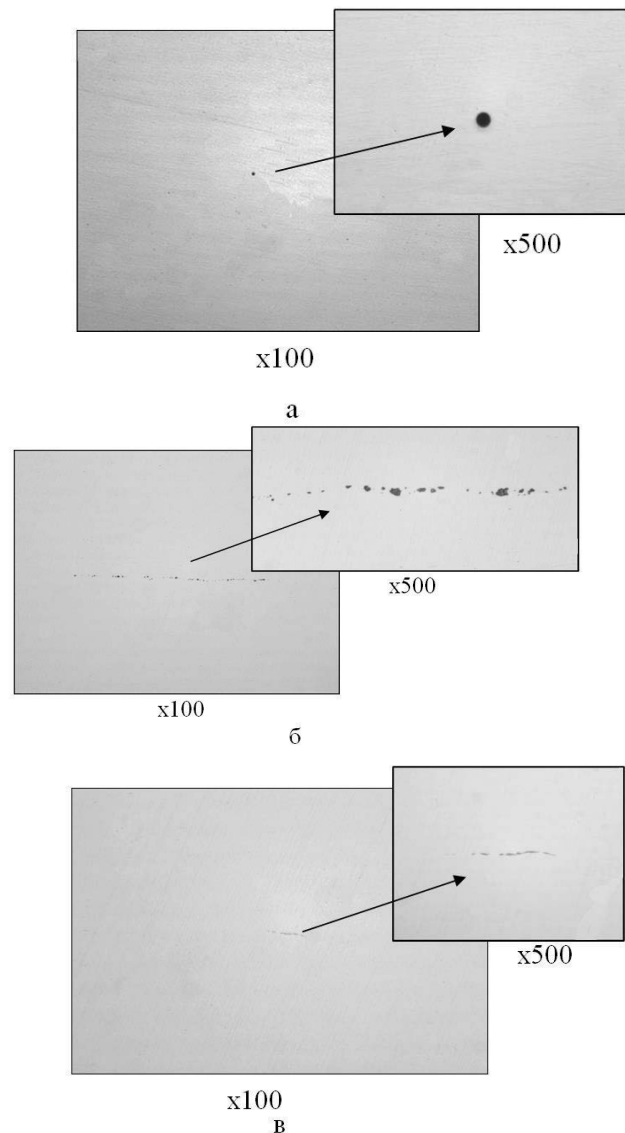


Рис. 3. Неметаллические включения: а - силикат недеформирующийся (образец ОАО «Северсталь»); б - силикат хрупкий (образец ArcelorMittal); в - сульфид (образец ArcelorMittal)

В образцах катанки ОАО «Северсталь» и FNsteel (микролегированной ванадием) встречались светло-серые с розоватым оттенком включения, содержащие ванадий. Форма НВ с ванадием в большинстве случаев имеет четко выраженную огранку (рис. 4).

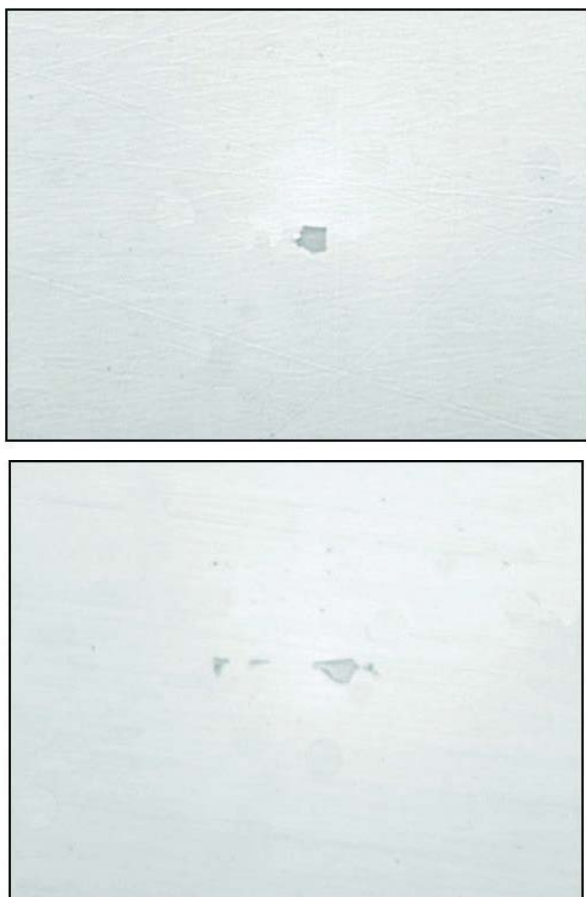


Рис. 4. Включения с ванадием, $\times 500$

Следует отметить, что данный вид катанки перерабатывается на конечный диаметр проволоки – 5,0 мм, и наличие достаточно крупных (до 3,5 балла) неметаллических включений не вызывает затруднений при волочении и практически не влияет на свойства проволоки для канатной арматуры.

Выводы

1. Исследована высокоуглеродистая катанка различных производителей для изготовления арматурных канатов согласно требованиям стандарта pr EN 10138-3.

2. Установлено: катанка производства ОАО «Северсталь» микролегирована ванадием (0,065 %); катанка FNsteel – микролегирована ванадием (0,075 %) и содержит целевую добавку хрома (0,18 %); катанка производства ArcelorMittal содержит только целевую добавку хрома (0,22 %); катанка ММЗ – микролегирована ванадием (0,082 %).

3. Высокий уровень значений временного сопротивления катанки производства FNsteel сочетается с высокими показателями пластичности.

Однако наличие в одном из образцов структурно-свободного цементита класса Е является отрицательным показателем с учетом последующего волочения катанки-проволоки.

4. Наиболее низкий комплекс механических свойств характерен для катанки ОАО «Северсталь». Следует отметить, что катанка имеет наименьшее количество перлита 1 балла – 51 %. В катанке обнаружены участки структурно-свободного цементита класса С. Глубина обезуглероженного слоя максимальна – 2,6 %.

5. Особо следует отметить сочетание качественных характеристик катанки производства ArcelorMittal. Главным отличием является химический состав стали. При ее производстве не применяется микролегирование ванадием, а только вводится целевая добавка хрома – 0,22 %. Высокая степень дисперсности пластинчатого перлита в сочетании с достаточно высоким уровнем механических свойств позволяют проводить переработку (волочение) катанки в состоянии поставки (без операции патентирования) с гарантированным получением требуемого уровня механических свойств проволоки для арматурных прядей.

6. Катанка ММЗ характеризуется оптимальным сочетанием механических свойств и микроструктуры. Среднее содержание перлита первого балла в микроструктуре катанки – 80 %, что значительно выше чем в катанке производства ОАО «Северсталь», но незначительно ниже чем в катанке производства ArcelorMittal и FNsteel. Уровень обезуглероживания поверхности несколько выше чем в катанке производства ArcelorMittal и FNsteel, но значительно ниже чем в катанке производства ОАО «Северсталь». По структурно-свободному цементиту (класс В) катанка ММЗ является более предпочтительной по сравнению с катанкой ОАО «Северсталь» и FNsteel и находится на одном уровне с катанкой ArcelorMittal.

Поступила 18.03.2014

