

Парусов Э. В. /к. т. н./  
Парусов В. В. /д. т. н./  
Сагура Л. В. /к. т. н./  
ИЧМ НАНУ

Деревянченко И. В.  
Долгий С. В.  
ОАО «Молдавский  
металлургический завод»

Гремечев С. А.  
Демьянова Л. И.  
ХФ ЧАО «ПО «Стальканат-Силур»  
завод «Силур»

## Разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии производства высокопрочных прядей

*Для повышения энерго- и ресурсосбережения производства высокопрочных арматурных канатов (прядей) была разработана специальная технология производства высокоуглеродистой катанки без добавок ванадия и/или хрома. Показано, что в катанке из стали марки 85-1, микролегированной бором, могут быть получены такие же структура (дисперсность перлита) и механические свойства, как и для катанки с добавками ванадия и/или хрома.*

*Переработка катанки диаметрами 8,0; 10,0 и 11,0 мм из стали 85-1 условиях ХФ ЧАО «ПО «Стальканат-Силур» завод «Силур» показала удовлетворительную технологичность при волочении.*

*Стабилизированные высокопрочные пряди диаметром 9,3; 12,5 и 15,2 мм соответствуют требованиям prEN 10138-3:2005. Ил. 2. Табл. 4. Библиогр.: 3 назв.*

**Ключевые слова:** высокопрочные пряди, высокоуглеродистая катанка, химический состав, механические свойства

*To improve energy and resource efficiency of production of high strength reinforcing cables (strands) was developed production technology of high-carbon wire rod without specially inserted supplementation of vanadium and/or chromium. It is shown that for a wire rod of steel grade 85-1, microalloyed by boron can be obtained the same structure (dispersion perlite) and mechanical properties, as for wire rod with the addition of vanadium and/or chromium.*

*Processing of wire rod diameters of 8,0; of 10,0 and 11,0 mm of steel grade 85-1 in terms of HF PJSC «PA «Stalkanat-Silur» plant «Silur» showed satisfactory processability.*

*Stabilized of high strength strands with a diameter of 9,3; 12,5 and 15,2 mm meets the requirements of prEN 10138-3:2005.*

**Keywords:** high-strength strands, high carbon wire rod, chemical composition, mechanical properties

Высокопрочные пряди предназначены для восприятия больших растягивающих усилий в конструкциях и передаче их на опорные контуры, анкерные узлы и якоря. Они характеризуются относительно малым поперечным сечением и весом. Такие свойства прядей обеспечиваются за счет высоких прочностных характеристик катанки и проволоки, из которой изготавливают пряди [1].

Для получения высокопрочных проволоки и прядей используют высокоуглеродистую катанку, которую согласно традиционной технологии для получения сорбитной структуры подвергают патентированию на метизном переделе. При этом повышаются прочность катанки-проволоки и технологическая пластичность при волочении.

В последнее время у отечественных и зарубежных метизных предприятий пользуется спросом высокоуглеродистая катанка, сорбитизированная с прокатного нагрева, что позволяет достигать значительного энерго- и ресурсосбережения.

Для изготовления высокопрочных прядей по prEN 10138-3:2005 (временное сопротивление разрыву  $\geq 1770$  Н/мм<sup>2</sup>) необходима катанка с пределом прочности  $\geq 1150$  Н/мм<sup>2</sup>. Так как для производства данной продукции используется, в основном, катанка номинальным диаметром  $\geq 8,0$  мм, то проблема обеспечения требуемой прочности исходной катанки усложняется из-за трудности получения в этой катанке такой же дисперсности перлита, как и в катанке диаметром  $\leq 5,5$  мм.

Поэтому производители высокоуглеродистой катанки, предназначенной для изготовления высокопрочной проволоки для арматурных прядей, преднамеренно вводят в сталь добавки ванадия и/или хрома с целью повышения прочности катанки-проволоки.

В ранее опубликованной работе [2] было проведено сравнительное исследование качественных характеристик высокоуглеродистой катанки, применяемой для изготовления арматурных канатов ведущих производителей: ОАО «Северсталь» (РФ), FNsteel (Финляндия), ArcelorMittal (Германия), ОАО «Молдавский металлургиче-

ский завод» (ММЗ). Установлено, что 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 %).

С точки зрения ресурсосбережения, легирование хромом более предпочтительно, чем ванадием.

Для повышения энерго- и ресурсосбережения в условиях ММЗ была разработана технология производства высокоуглеродистой катанки, не содержащей добавок хрома и/или ванадия и не требующей патентирования на метизном переделе. С использованием специально разработанной технологии были выпущены опытно-промышленные партии катанки диаметрами 8,0; 10,0 и 11,0 мм из стали марки 85-1 (ТУ У 27.1-4-519-2002).

Химический состав и механические свойства произведенной катанки представлены в табл. 1 и 2 соответственно.

Был выполнен детальный металлографический анализ изготовленной катанки. Оценку количества перлита 1 балла (сорбита) производили по двум методикам: согласно приложению Б ТУ У 27.1-4-519-2002 и DIN EN ISO 16120-1:2011.

Согласно первой методике, среднее количество перлита 1 балла в исследуемой катанке 75,6 %, согласно второй методике – 80,9 %. Как видим, различие в оценке перлита 1 балла по отечественной и европейской методикам составляет около 5 % (рис. 1).

Микроструктура поверхности (а) и центральной зоны (б) поперечного шлифа катанки представлена на рис. 2.

Средняя глубина обезуглероженного слоя (ОБС) поверхности катанки всех диаметров составляла 0,40-0,49 %. Из-за низкого значения глубины ОБС, катанка чувствительна к образованию мартенсита деформации на поверхности. В связи с этим DIN EN ISO 16120-1:2011 предусмотрены меры по предотвращению образования мартенсита деформации, которые заключаются в применении: траверс из мягкой стали; верти-

Таблица 1

**Химический состав катанки из стали марки 85-1**

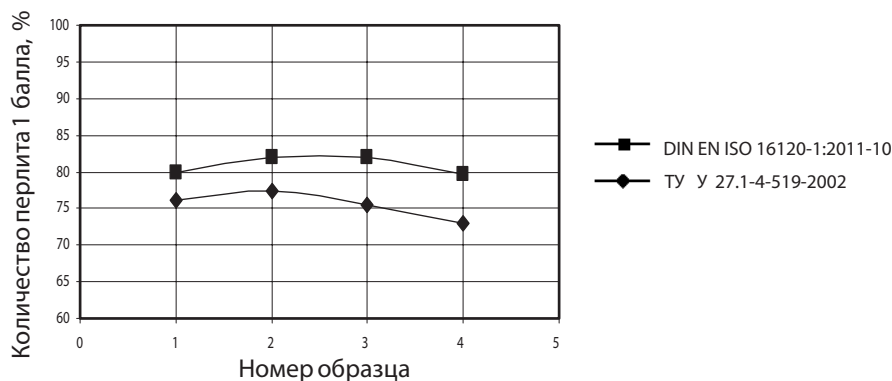
Диаметр катанки, мм	Химический состав, % по мас.												
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Ti	Al	P	S	N	B	C <sub>3</sub>
8; 10; 11	0,866	0,667	0,15	0,03	0,06	0,13	0,001	0,002	0,011	0,007	0,007	0,0013	0,999

Таблица 2

**Механические свойства катанки из стали марки 85-1**

Диаметр катанки, мм	Механические свойства*		
	Временное сопротивление, Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
8	<u>1140-1250</u> 1200	<u>10-12</u> 11	<u>32-35</u> 33
10	<u>1140-1220</u> 1190	<u>10-12</u> 11	<u>28-34</u> 31
11	<u>1140-1180</u> 1160	<u>8-9</u> 9	<u>26-32</u> 29

Примечание. \* - В числителе представлены минимальное и максимальное значения, в знаменателе – средние.



**Рис. 1. Количество перлита 1-го балла, оценку которой проводили по двум методикам**

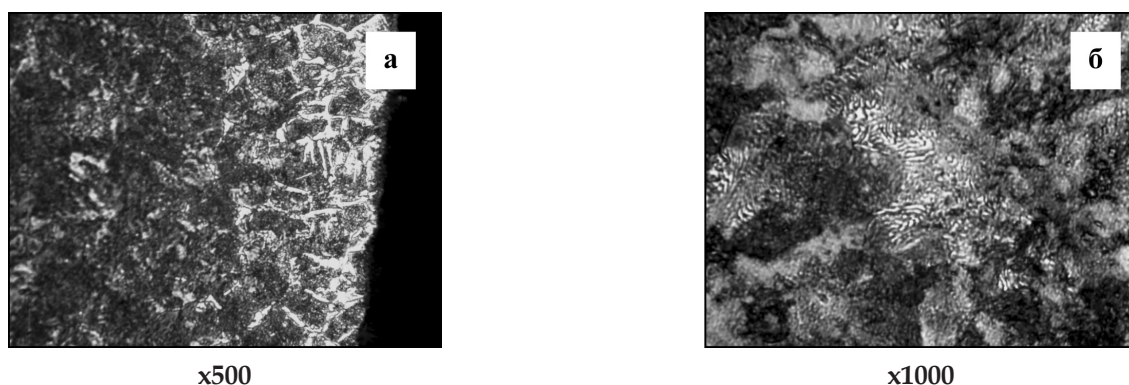


Рис. 2. Микроструктура катанки диаметром 11 мм

кального подъема мотков катанки; деревянных прокладок между мотками катанки и бетонным полом цеха.

Цементитную сетку оценивали методом сравнения с эталонами микроструктуры шаблона III стандарта NF A 04-114. Цементитная сетка соответствовала классу В (следы цементита).

Оценка загрязненности катанки неметаллическими включениями (НВ) показала, что в произведенной катанке обнаружены силикаты и оксиды, не превышающие 0,5 балла по ГОСТ 1778-70.

Переработку катанки диаметрами 8,0; 10,0 и 11,0 мм производили в условиях ХФ ЧАО «ПО «Стальканат-Силур» завод «Силур» (далее – завод «Силур») методом прямого волочения, т. е. без применения термической обработки (патентирования).

После травления катанки и подготовки поверхности проводили волочение согласно следующим схемам: 8,0 мм → 3,05 (3,20) мм; 10,0 мм → 4,10 (4,25) мм; 11,0 мм → 5,0 (5,25) мм. Механические свойства готовой проволоки приведены в табл. 3.

Таблица 3

Свойства проволоки из катанки номинальным диаметром 8,0; 10,0 и 11,0 мм

Номинальный диаметр катанки, мм	Диаметр проволоки*, мм	Временное сопротивление разрыву**, Н/мм <sup>2</sup>
8,0	3,05 (3,20)	<u>2030-2160</u> 2090
10,0	4,10 (4,25)	<u>1890-2130</u> 2040
11,0	5,0 (5,25)	<u>1940-2020</u> 1980

Примечание. \* – без скобок указаны диаметры периферийных проволок, в скобках – центральных. \*\* – В числителе представлены минимальное и максимальное значения, в знаменателе – средние.

Как видно из табл. 3, свойства проволоки соответствовали требованиям технологической инструкции ТИ 285-МТ-ПР-109-2010 завода «Силур».

Из приведенных в работе данных следует, что дисперсность перлита из стали 85-1 (ТУ У 27.1-4-519-2002) имеет практически такие же значения, как и для стали С82D2 (ТС 518/71915393-2010), микролегированной ванадием [3]. Вследствие этого временное сопротивление проволоки, диаметром 5,0 (5,25) мм, используемой для изготовления арматурных канатов (прядей), из сталей 85-1 и С82D2 также практически одинаковы, несмотря на меньшую степень деформации катанки-проволоки в первом случае (диаметр катанки из стали 85-1 составляет 10 мм; диаметр катанки из стали С82D2 – 12 мм) [3].

Из проволоки диаметров, указанных в табл. 3, осуществляли свивку 7-проволочных высокопрочных прядей по prEN 10138-3:2005, которые подвергали стабилизации.

Механические свойства высокопрочных стабилизированных прядей представлены в табл. 4.

Таблица 4

Механические свойства арматурных прядей из стали марки 85-1

Диаметр катанки, мм	Диаметр каната, мм	Группа прочности, Н/мм <sup>2</sup>	Разрывное усилие F <sub>m</sub> , кН	Временное сопротивление, Н/мм <sup>2</sup>	Усилие при условном пределе текучести F <sub>р0,1</sub> , кН	Полное относительное удлинение перед разрывом, %
8	9,3	1860	<u>102,1-102,9</u> 102,6	<u>1968-1979</u> 1972	<u>87,4-89,4</u> 88,6	<u>5,3-7,1</u> 6,2
10	12,5	1860	<u>178,7-181,6</u> 180,4	<u>1922-1953</u> 1940	<u>150,5-160,5</u> 153,7	<u>6,3-7,1</u> 6,7
11	15,2	1770	<u>254,2-257,5</u> 256,6	<u>1829-1852,6</u> 1845,8	<u>211,8-215,8</u> 214,4	<u>6,1-6,7</u> 6,5

Примечание. В числителе представлены минимальное и максимальное значения, в знаменателе – средние.

Из табл. 4 следует, что 7-проволочные пряди диаметром 9,3; 12,5 и 15,2 мм полностью соответствуют требованиям европейского стандарта prEN 10138-3:2005.

**Выводы**

1. Показано, что для катанки из стали марки 85-1, произведенной по специально разработанной технологии, могут быть получены такие же структура (дисперсность перлита) и механические свойства проволоки, как и для катанки стали С82D2, микролегированной ванадием.
2. Показано, что из-за более низкой глубины обезуглероженного слоя произведенная по специальной технологии катанка более чувствительна к образованию мартенсита деформации на поверхности, что требует соблюдения мер предосторожности, предусмотренных DIN EN ISO 16120-1:2011.
3. Переработка катанки диаметрами 8,0; 10,0 и 11,0 мм на метизном переделе показала удовлетворительную технологичность при волочении и соответствие временного сопротивления нормам ТИ 285-МТ-ПР-109-2010, что необходимо для производства высокопрочных пряжей по prEN 10138-3:2005.
4. Стабилизированные высокопрочные пряжи диаметром 9,3; 12,5 и 15,2 мм из катанки стали 85-1, которую изготавливали по специально

разработанной технологии, соответствуют требованиям prEN 10138-3:2005.

**Библиографический список**

1. Влияние качественных характеристик высокоуглеродистой катанки на свойства канатной проволоки / Э. В. Парусов, В. В. Парусов, О. В. Парусов, Л. В. Сагура, А. И. Сивак, А. Б. Сычков // *Металлург. и горноруд. Пром-сть.* – 2010. – № 1. – С. 17-19.
2. Сравнительное исследование качественных характеристик высокоуглеродистой катанки различных производителей, применяемой для изготовления канатной арматуры / Э. В. Парусов // *Металлург. и горноруд. Пром-сть.* – 2014. – № 4. – С. 44-47.
3. Особенности производства и оценка технологичности переработки на метизном переделе высокоуглеродистой катанки из стали, микролегированной ванадием / В. В. Парусов, Э. В. Парусов, Л. В. Сагура, О. В. Парусов, Н. Н. Силуянова // *Металлург. и горноруд. Пром-сть.* – 2012. – № 5. – С. 53-55.

**Поступила 03.12.2014**



УДК 504.5.06+622.69

**Орлінська О. В. /д. г. н./, Максимова Н. М.**  
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

**Пікареня Д. С. /д. г. н./**  
Дніпродзержинський державний технічний університет

## **Розвиток підтоплення і забруднення підземних вод на територіях, прилеглих до відвалів гірничорудної промисловості**

*Розроблена трьохстадійна геомеханічна модель впливу відвалів на прилеглі території. З її використанням проведена оцінка ступеня розвитку небезпечних техногенних процесів в залежності від складу, висоти та маси відвалів і геологічного розрізу порід, що його підстилають. Іл. 1. Бібліогр.: 4 найм.*

**Ключові слова:** гірські породи, відвали, геологічне середовище, водоносні горизонти, підтоплення, зсуви

*There developed three-stage geomechanic model of influence of dump pits on the associated areas. With its usage there fulfilled evaluation of the degree of development of dangerous industrial processes depending on the composition, height and mass of dump pits and geologic rock section, its underlying.*

**Keywords:** geological material, dump pits, geological environments, waterbearing stratum, underflooding, earth slide

Негативний вплив відвалів гірничорудної промисловості на небезпечні техногенні процеси привертає увагу багатьох дослідників. Досліджуються наступні аспекти: 1) хімічне вивітрю-

вання та накопичення продуктів вивітрювання у довікллі внаслідок вітрового переносу (пиління) і вимивання розчинних хімічних компонентів атмосферними опадами з наступним сто-