

---

УДК 620.18:621.778:669.141.24

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ КАТАНКИ ДЛЯ ЕЕ ЭНЕРГО- И  
РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ НА МЕТИЗНОМ  
ПЕРЕДЕЛЕ**

**В.В. Парусов, д.т.н., проф.\***, **Э.В. Парусов, к.т.н.,\***, **А.Б. Сычков, д.т.н.,\*\***,  
**И.В. Деревянченко \*\***, **Р.Р. Пришляк.\*\*\***, **Л.В. Сагура \***

*\* Институт черной металлургии им.З.И. Некрасова НАН Украины,*

*\* ОАО «Молдавский металлургический завод»,*

*\*\*\* ЗАО «БУСОЛ»*

Одним из основных способов обеспечения необходимого комплекса механических и служебных свойств проката является его термомеханическая обработка (ТМО), благодаря которой достигается возможность значительной экономии металлопроката в строительстве, на транспорте, в машиностроении и других областях производства [1; 2]. Применение процессов ТМО в потоке станов позволяет обеспечить эффекты как упрочнения, так и разупрочнения стали. Важным аспектом внедрения такой обработки есть то, что расходы на ТМО металла в потоке прокатного стана составляют 0,5–1,0 % от себестоимости продукции.

Производство проката в условиях ОАО «Молдавский металлургический завод» (ММЗ) из непрерывно-литой заготовки (НЛЗ) малого сечения (125 x 125 мм) существенным образом отличается от традиционных (устаревших) технологических схем. Согласно традиционным схемам мартеновскую или конверторную сталь разливают в изложницы, полученные слитки нагревают в нагревательных колодцах, обжимают на блюминге и непрерывно-заготовочном стане (НЗС) в заготовки, которые потом нагревают в методических печах или печах с шагающим подом и прокатывают на готовый профилазмер. При этом технологический процесс характеризуется дополнительным промежуточным нагревом стали в нагревательных колодцах и дополнительной предшествующей деформацией на обжимном стане (блюминге) и на НЗС. В связи с этим металл, разлитый в изложницы, является более подготовленным к последующей ТМО в потоке непрерывного стана: за период более продолжительного и многоразового высокотемпературного нагрева металла в нагревательных установках происходит более полная гомогенизация аустенита, а также в большей степени выделяется атомарный водород, который попадает в сталь в процессе ее выплавки и разливки. Кроме того, дополнительная предварительная деформация металла на обжимных станах способствует большему укову литой структуры металла.

Подобные отличия существуют при сравнении схемы производства катанки на ММЗ и заводах качественных сталей; например, Белорусском металлургическом заводе, где из непрерывно-литой заготовки (НЛЗ) большого сечения (300 x 400 мм) первоначально с подогрева в проходной печи на стане 800 (практически блюминге) производится заготовка сечением 125 x 125 мм, которая затем опять нагревается перед прокаткой на проволочном стане 150. В этом случае степень гомогенизации структуры за счет двух

нагревов и большей степени деформационной проработки литой структуры значительно выше, чем в условиях ММЗ.

Одной из наиболее широко распространенных технологических линий охлаждения катанки после горячей деформации является линия Stelmor. Участок воздушного охлаждения линии Stelmor, как правило, содержит вентиляторные системы для обдува металла воздухом. Для некоторых марок сталей необходимо замедленное охлаждение, которое технически реализуется путем оборудования линии проходными секциями с теплоизолирующими крышками и исключением в ряде случаев вентиляторного охлаждения витков катанки или ограничения его интенсивности. Необходимость наличия и характеристики оборудования на линии Stelmor зависят от марочного и размерного сортамента проката, а также совокупности технологических переделов, которые проходит металл в процессе производства.

Общеизвестным является тот факт, что длинный участок воздушно-го охлаждения линии Stelmor, оборудованный управляемыми вентиляторными системами с возможностью дифференцированной подачи воздуха по ширине транспортера, системой термостатирования под теплоизоляционными крышками имеет очень широкие возможности для регулирования скорости охлаждения катанки. Это обеспечивает получение требуемого комплекса потребительских свойств металлопродукции, а в сочетании с микролегированием и модифицированием стали, в частности, бором, кальцием и другими элементами делает эти возможности еще более уникальными.

Необходимо отметить, что мини-металлургический комплекс ММЗ, который был введен в строй в 1985 г., изначально был предназначен лишь для производства рядовой катанки. Поэтому разработка технологии производства высокоуглеродистой катанки, предназначенной для изготовления ответственной металлопродукции, являлась сложной проблемой. Так, при выплавке стали не предусматривалось её вакуумирование, а при разливке – электромагнитное перемешивание. В качестве шихты на ММЗ используется обычный металллом с повышенным содержанием примесей цветных металлов.

В период 1997–2001 гг. в условиях ММЗ была произведена поэтапная модернизация и реконструкция имеющегося технологического оборудования на сталеплавильном и прокатном участках, а также на линии воздушно-го охлаждения Stelmor.

Работа по кооперации ММЗ – ОАО «Силур» (Украина, г. Харцызск) позволила получить в 2002 г. первые положительные результаты при освоении сквозной технологии производства высокоуглеродистой катанки из стали марки 70КРД, предназначенной для изготовления металлокорда нормальной прочности (9Л15/27), а в 2004 г. была освоена сквозная технология производства катанки из стали марки 80КРД, которая используется для изготовления высокопрочного металлокорда (9Л20/35НТ) [3].

Микролегирование стали бором и кальцием, а также использование новых научно обоснованных режимов ТМО позволило получить высокоуглеродистую катанку повышенной деформируемости (суммарная степень деформации до 97 %).

Учитывая высокую технологическую пластичность высокоуглеродистой катанки при волочении, было предложено сократить количество промежуточных термообработок (патентирования). Для обоснования этого предложения были проведены сравнительные исследования по переработке на метизном переделе катанки из стали марок 70КРД и 80КРД (ТУ У 14-4-470-2000) по традиционной (вариант А) и новой (вариант Б) технологическим схемам:

- для стали марки 70КРД:  
А: 5,50 ПП, В → 2,40 П, В → 1,25 П, Л, В → 0,265 мм → СМК;  
Б: 5,50 ПП, В → 2,40 В → 1,25 П, Л, В → 0,265 мм → СМК;
- для стали марки 80КРД:  
А: 5,50 ПП, В → 3,20 П, В → 1,80 П, Л, В → 1,00 В → 0,35 мм → СМК;  
Б: 5,50 ПП, В → 1,80 П, Л, В → 1,10 В → 0,35 мм → СМК;

где: ПП – подготовка поверхности; В – волочение; П – патентирование; Л – латунирование, СМК – свивка металлокорда.

Результаты механических испытаний проволоки, полученной по традиционной и новой технологическим схемам, представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что качественные показатели проволоки обоих вариантов технологических схем производства практически одинаковы и соответствуют нормативным требованиям – ТУ У 28.7-00191046-005-2002.

Таблица 1  
Механические свойства проволоки, изготовленной по традиционной (А) и новой (Б) технологиям\*

Марка стали; вариант технологии	Диаметр проволоки, мм	Кол-во испытаний	Временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup>	Разрывное усилие с узлом	Число скручиваний
70КРД; А	0,265	100	<u>2400-2900</u> 2720	<u>59-63</u> 61,3	<u>78-92</u> 84,8
70КРД; Б	0,265	100	<u>2460-2870</u> 2655	<u>57-65</u> 61	<u>74-96</u> 86
80КРД; А	0,35	60	<u>3050-3240</u> 3130	<u>60-62</u> 61	<u>27-79</u> 65
80КРД; Б	0,35	66	<u>2800-3260</u> 3040	<u>58-64</u> 59	<u>59-84</u> 65

\* Числитель–соответственно максимальное и минимальное значения, знаменатель – среднее значение.

Из проволоки диам. 0,265 мм (сталь 70КРД) изготавливали металлокорд нормальной прочности – 9Л15/27, а из проволоки диам. 0,35 мм (сталь 80КРД) высокопрочный металлокорд – 9Л20/35НТ.

При изготовлении металлокорда по обеим технологическим схемам контролировали следующие характеристики: разрывное усилие в целом, прямолинейность, остаточное кручение, обрывность при свивке, выносливость, а также проводили металлографическое исследование причин обрывов проволоки.

Было установлено, что основной причиной обрывов проволоки при свивке металлокорда является нарушение технологии при производстве проволоки (некачественная сварка, неравномерный захват смазки и пр.).

Полученные данные показали, что металлокорд, изготовленный из проволоки по новой технологии, практически не отличается от металлокорда, изготавливаемого по традиционной технологии, и соответствует требованиям технических условий. Выход годной составил 97,3 %.

Успешные результаты по переработке высокоуглеродистой катанки повышенной деформируемости в металлокорд на предприятиях ОАО «Силур» (г. Харцызск, Украина), ОАО «Северсталь-метиз» (филиалы г. Волгоград и г. Орел, Российская Федерация) позволили заняться не менее важной задачей – производством канатной и пружинной проволоки, получаемой прямым волочением, т.е. с полным исключением операции патентирования. Учитывая опыт переработки катанки из стали марок 70КРД и 80КРД, в условиях Орловского завода ОАО «Северсталь-метиз» была предложена новая (вариант А) технологическая схема изготовления канатов диам. 45,5 мм по ГОСТ 7669-80 и диам. 39,5 мм по ГОСТ 2688-80, вместо традиционной технологии (вариант Б). В производство была задана высокоуглеродистая катанка из стали марки 70 (ТУ У 27.1-4-519-2002) диам. 5,50 мм:

А: 5,50 мм ПП, В → 2,20 мм → СК;

Б: 6,50 мм ПП, В → 4,20...5,40 мм П, В → 2,20 мм → СК,

где: ПП – подготовка поверхности; В – волочение; П – патентирование; СК – свивка канатов.

Процесс волочения проволоки из катанки ММЗ проходил безобрывно.

Суммарное обжатие ( $\varepsilon_{\Sigma}$ ) и общая вытяжка ( $\mu_{\Sigma}$ ) при производстве канатной проволоки диам. 2,20 мм по опытной технологической схеме составляют:  $\varepsilon_{\Sigma} = 84\%$ ;  $\mu_{\Sigma} = 6,25$ .

Испытания качественных характеристик канатной проволоки проводили по методикам ГОСТ 10446 и ГОСТ 1545. Результаты механических испытаний канатной проволоки диам. 2,20 мм, произведенной по новой технологической схеме, представлены в таблице 2, из анализа которой следует, что канатная проволока в 100 % случаев соответствует ГОСТ 7372-79.

Опытная переработка высокоуглеродистой катанки из стали марки 70 диам. 5,50 мм в пружинную проволоку диам. 2,20 мм в условиях предприятия ЗАО «Бусол» (Украина) показала ее соответствие не только требованиям ГОСТ 9389-75 (класс 2А), но и европейской спецификации «Шпюль» (для мебельной промышленности), (табл. 3).

Учитывая успешное освоение переработки катанки ММЗ в пружинную проволоку диам. 2,20 мм, было принято решение произвести в условиях

ЗАО «Бусол» опытную партию пружинной проволоки диам. 1,40 мм прямым волочением, без применения патентирования.

Таблица 2  
Механические свойства канатной проволоки диаметром 2,20 мм из стали марки 70

№ п/п*	Механические характеристики**		
	временное сопротивление разрыву, $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	число скручиваний	число перегибов (90°)
1	<u>1780-1870</u> 1845	<u>31-37</u> 34	<u>21-24</u> 22
2	не менее 1770 Н/мм <sup>2</sup>	не менее 25	не менее 16
* 1-фактические значения; 2.требования ГОСТ 7372-79; ** см. примечание к табл.1			

Таблица 3  
Механические свойства пружинной проволоки диаметром 2,20 мм из стали марки 70

№ п/п*	Механические характеристики**		
	временное сопротивление разрыву, $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	число скручиваний	число Перегибов (90°)
1	<u>1820-1860</u> 1840	<u>34-36</u> 35	<u>20-23</u> 22
2	1670-1910	не менее 22	-
3	-	не менее 31	не менее 15
* 1-фактические значения; 2.требования ГОСТ 9389-75; 3-требования спецификации фирмы «Шпюль» **см. примечание к табл.1			

Суммарное обжатие ( $\epsilon_{\Sigma}$ ) и общая вытяжка ( $\mu_{\Sigma}$ ) при производстве пружинной проволоки диам.1,40 мм по новой технологической схеме соответственно составили: 93,5 % и 15,384.

Результаты механических испытаний пружинной проволоки диам. 1,40 мм из исходной катанки стали марки 70 диам. 5,50 мм представлены в таблице 4.

Анализ полученных результатов показал, что прочностные свойства проволоки полностью соответствуют требованиям ГОСТ 9389-75, однако пластические свойства: количество скручиваний и перегибов для пружинной проволоки не соответствуют спецификации фирмы «Шпюль», что объясняется ее переупрочнением.

Таблица 4  
Механические свойства пружинной проволоки диаметром 1,40 мм из стали марки 70

№ п/п*	Механические характеристики**		
	временное сопротивление разрыву, $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	число скручиваний	число перегибов (90°)
1	<u>2290-2395</u> 2350	<u>31-33</u> 32	<u>12-14</u> 13
2	2260-2550	не менее 24	-
3	-	не менее 33	не менее 13
* 1-фактические значения; 2.требования ГОСТ 9389-75; 3-требования спецификации фирмы «Шпюль»			
** см. примечание к табл.1			

В связи с этим проволоку диам. 1,40 мм было решено производить с меньшим временным сопротивлением, но более высокими показателями пластичности:  $\sigma_B = 1800 \dots 1960$  Н/мм<sup>2</sup>; число скручиваний – не менее 33, число перегибов – не менее 14.

Для этих целей по формуле Н. В. Соколова–К. И. Туленкова [4] был произведен расчет прочностных характеристик проволоки диам. 1,40 мм ( $\sigma_{II}$ ), получаемой из катанки диам. 5,5 мм с временным сопротивлением ( $\sigma_K$ ):

$$\sigma_{II} = \sigma_K \sqrt{\frac{d_K}{d_{II}}},$$

где  $d_K$  и  $d_{II}$  – диаметры катанки и проволоки соответственно.

Расчет показал, что для изготовления пружинной проволоки диам. 1,40 мм прямым волочением необходимо, чтобы предел прочности исходной заготовки – катанки диам. 5,50 мм был не ниже 950 Н/мм<sup>2</sup>. Этим требованиям удовлетворяет катанка из стали 55. В соответствии с этим на ММЗ была произведена катанка из стали марки 55 диам. 5,50 мм (ТУ У 27.1-4-519-2002) и переработана в условиях предприятия ЗАО «Бусол». Результаты механических испытаний пружинной проволоки диам. 1,40 мм представлены в таблице 5.

Анализ результатов показал полное соответствие механических характеристик проволоки европейским требованиям – спецификации фирмы «Шпюль».

Необходимо отметить, что выход годного при переработке высокоуглеродистой катанки марок 55, 70, 70КРД и 80КРД на перечисленных метизных предприятиях составляет до 98,7 %, а обрывность при волочении практически отсутствует.

Таким образом, за последнее десятилетие в условиях ММЗ внедрены передовые технологии производства высокоуглеродистой катанки повышенной деформируемости ответственного назначения, что позволяет при производстве металлокорда исключить одну промежуточную термообработку (патентирование), а при производстве канатной и пружинной проволоки исключить патентирование и вовсе.

Механические свойства пружинной проволоки диаметром 1,40 мм из стали марки 70

№ п/п*	Механические характеристики**		
	временное сопротивление разрыву, $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	число скручиваний	число перегибов (90°)
1	<u>1963-1860</u> 1920	<u>34-36</u> 35	<u>14-16</u> 15
2	-	не менее 33	не менее 13
* 1-фактические результаты; 2.требования спецификации «Шполь»			
** - см. примечание к табл.1.			

Немаловажным является и тот факт, что исключение из технологической схемы производства высокоуглеродистой проволоки промежуточной термической обработки – патентирования позволяет экономить газ, электроэнергию и металл, что является актуальной задачей.

Отличительной чертой катанки производства ММЗ является и то, что в исходном состоянии ее не следует подвергать патентированию, так как микроструктура и свойства, необходимые для волочения с суммарной степенью обжатия до 97%, сформированы уже на металлургическом переделе.

#### Использованная литература

1. Бернштейн М. Л. Термомеханическая обработка стали / Бернштейн М. Л., Займовский В. А., Капуткина Л. М. – М. : Металлургия, 1983. – 480 с.
2. Стародубов К. Ф. Современное состояние и перспективы развития термического упрочнения проката в СССР и за рубежом / К. Ф. Стародубов // Обзор. информ. (Сер.7), Инс-т «Черметинформация», 1965. – Вып. 15. – 11 с.
3. Технологичность высокоуглеродистой катанки на метизном переделе / Э. В. Парусов, В. В. Парусов, В. А. Луценко, А. Б. Сычков, В. В. Артемов, Л. И. Демьянова // Стальные канаты: Сб. науч. тр. – Одесса: Астропринт, 2005. – С. 110–116.
4. Коковихин Ю. И. Технология сталепроволочного производства / Ю. И. Коковихин // Киев : ВІПОЛ, 1995. – 608 с.