

*The comparative analysis of deformability of the rolled wire from unkilld and finished steel grades at manufacture of metal production in conditions of RUP "Rechitski hardware plant" is carried out. The expediency of using rolled wire from unkilld steel 1kp, 3 kp for wiredrawing and production of hardware is proved.*

В. В. ФИЛИППОВ, РУП «БМЗ»,  
В. И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ, Белорусский национальный технический университет,  
А. С. ВАШКОВ, РУП «РМЗ», А. Б. СТЕБЛОВ, И. И. КРЫМЧАНСКИЙ, РУП «БМЗ»

## НАУЧНОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДИФИКАЦИЙ КАТАНКИ ИЗ КИПЯЩЕГО МЕТАЛЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ РУП «РЕЧИЦКИЙ МЕТИЗНЫЙ ЗАВОД»

УДК 621.778

РУП "Речицкий метизный завод" (РМЗ) использует для своего производства катанку диаметром от 5,5 до 12 мм из сталей марок СВ08А, 08кп, 10кп, Ст.1кп, Ст.2кп, Ст.3кп, Ст.0 — Ст.3сп. Поставщиками катанки являются металлургические заводы России, Украины, а также РУП "Белорусский металлургический завод", который производит катанку диаметром 5,5—6,5 мм из спокойных марок сталей Ст.1 — Ст.3сп.

Производственные данные РУП "Речицкий метизный завод" по анализу качества метизной продукции из катанки спокойных марок сталей производства РУП "Белорусский металлургический завод" свидетельствуют о повышенном износе волочильного инструмента и увеличении затрат ресурсов по сравнению с производством метизов из кипящих марок сталей. Это связано с повышенной обрывностью катанки из спокойных марок сталей и, как следствие, с увеличением расхода металла (на 1 кг/т), затруднением подачи катанки в приемные колокольни волочильных станов, понижением стойкости волочильного инструмента в среднем на 20%, увеличением расхода вспомогательных материалов, связанных с травлением окалина и т.д. При анализе микроструктуры катанки производства РУП "БМЗ" на некоторых плавках наблюдается неоднородность и неудовлетворительная микроструктура. Следует также отметить, что возможность производства катанки диаметром 5,5 мм в условиях РУП "БМЗ" ограничена (производительность катанки диаметром 5,5 мм составляет 47,0 т/ч, диаметром 6,5 мм — 60 т/ч), так как основной задачей БМЗ является обеспечение собственных сталепроволочных цехов СтПЦ-1 и СтПЦ-2 подкатом для производства металлокорда и проволоки РМЛ.

На основании изложенного выше возникла необходимость проведения исследований с целью

доказательства целесообразности применения катанки из кипящего металла и научно-технического обоснования возможности производства катанки с повышенными пластическими свойствами в условиях РУП "Белорусский металлургический завод". По инициативе руководства РУП "РМЗ" и РУП "БМЗ" Белорусским национальным техническим университетом совместно с техническими службами Белорусского металлургического завода выполнен сравнительный анализ деформируемости катанки из различных марок сталей и исследована возможность замены катанки диаметром 5,5—6,5 мм из стали 1—3 сп/пс, производимой на стане 320/150 БМЗ, на катанку из стали 1кп—3кп для производства метизов в условиях Речицкого метизного завода.

Исследования включали в себя статистический анализ химического состава и механических свойств катанки из спокойных и кипящих марок сталей, изучение микроструктуры исходной катанки, проволоки и метизной продукции по маршруту волочения катанки на Речицком метизном заводе, оценку влияния технологии производства катанки на ее деформируемость.

Для изучения изменения механических свойств катанки в процессе волочения в условиях Речицкого метизного завода на первом этапе были проанализированы уровни механических свойств низкоуглеродистой катанки производства Белорусского металлургического завода (стали 1сп — 3сп) и Криворожского государственного горно-металлургического комбината "Криворожсталь" (стали 1кп — 3кп).

Статистической обработке данных подвергали массивы, отобранные на БМЗ и РМЗ. Механические свойства (предел текучести  $\sigma_T$ , МПа; предел прочности  $\sigma_B$ , МПа; относительное удлинение после разрыва  $\delta_5$ , %; относительное сужение  $\phi$ , %)

Таблица 1. Сопоставляемые данные по катанке

Показатель		Марка стали			
		1кп	3кп	1сп	3сп
Углерод, %	min	0,09	0,16	0,069	0,123
	max	0,11	0,19	0,15	0,25
	$\Delta$	0,02	0,03	0,081	0,127
	средне-квадр. откл.	0,074	0,085	0,0178	0,016
	$\bar{X}$	0,1	0,173	0,1	0,168
Марганец %	min	0,36	0,44	0,33	0,38
	max	0,43	0,53	0,48	0,65
	$\Delta$	0,07	0,09	0,15	0,27
	средне-квадр. откл.	0,02	0,031	0,047	0,04
	$\bar{X}$	0,41	0,49	0,415	0,53
Кремний, %	min	0,03	0,02	0,1	0,13
	max	0,06	0,05	0,243	0,33
	$\Delta$	0,03	0,03	0,144	0,2
	средне-квадр. откл.	0,015	0,01	0,038	0,023
	$\bar{X}$	0,038	0,036	0,164	0,187
$S_{эв}, %$	min	0,18	0,272	0,162	0,23
	max	0,22	0,32	0,29	0,44
	$\Delta$	0,04	0,048	0,1	0,21
	средне-квадр. откл.	0,014	0,013	0,013	0,021
	$\bar{X}$	0,206	0,299	0,22	0,34
$\sigma_R, \text{МПа}$	min	320	390	375	435
	max	460	460	491	629
	$\Delta$	140	70	116	194
	средне-квадр. откл.	27,4	26,8	22,9	47,2
	$\bar{X}$	387	422,7	423,2	496
$\delta_5, %$	min		25	24,0	27,0
	max	Нет данных	38,5	29,0	39,8
	$\Delta$		13,5	4,7	12,8
	средне-квадр. откл.		0,4	0,74	1,38
	$\bar{X}$		32,0	26,3	33,5
$\phi, %$	min	64	60	56,0	55,3
	max	79	68	76,0	73,0
	$\Delta$	15	8	20	17,7
	средне-квадр. откл.	2,85	1,65	7,93	1,97
	$\bar{X}$	71,4	66,5	70,1	66,6
$\sigma_T, \text{МПа}$	min		325	300	305
	max	Нет данных	380	372,5	435
	$\Delta$		55	72,5	130
	средне-квадр. откл.		17,7	15,3	29,02
	$\bar{X}$		348,5	329,9	387,7

в выборке оценивали по данным из сертификата на катанку и данным входного контроля из журналов ЦЗЛ. Данные статистической обработки приведены в табл. 1.

Как показывает анализ, катанка из стали 3кп обладает высокими прочностными ( $\sigma_B = 422,7$  МПа) и пластическими ( $\delta_5 = 32\%$ ,  $\phi = 66,5\%$ ) свойствами. Данные по статистическому анализу свойств катанки диаметром 6,5 мм из стали 1кп, на наш взгляд, не представляют большого интереса, так как в них отсутствуют сведения по  $\sigma_T$  и  $\delta$ . Поэтому в дальнейших исследованиях основной маркой стали для оценки деформируемости приняли сталь 3кп. Кроме того, эта марка стали является наибо-

лее представительной и по объему ее переработки на Речицком метизном заводе.

Анализ свойств катанки из спокойных марок сталей производства БМЗ показывает, что прочностные характеристики ( $\sigma_B$  и  $\sigma_T$ ) стали 1сп сопоставимы с катанкой из стали 3кп, при этом содержание углерода и марганца в стали 1сп ниже, чем в стали 3кп и равно содержанию углерода в стали 1кп, а содержание кремния в среднем на 0,13% выше по сравнению со сталями 3кп и 1кп. Аналогичные данные приведены для стали 3сп. Из таблицы также видно, что при статистически равных  $\sigma_B$  и  $\phi$  выборки по сталям 3кп и 1сп отличаются по относительному удлинению  $\delta_5$ .

В связи с этим на последующем этапе осуществлено прогнозирование механических свойств и пластических свойств с использованием полученных уравнений регрессии:

$$\sigma_b = 493,9 - 41,18 d + 686,2C + 148,5Mn + 345Si, \quad (1)$$

$$R = 0,83, \Delta_{\text{ош}} = 26,7,$$

$$\sigma_T = 417,1 - 31,8d + 663,2C + 11,98Mn + 238,1Si, \quad (2)$$

$$R = 0,86, \Delta_{\text{ош}} = 19,4,$$

$$\delta_5 = 31,7 + 0,78d - 42,1C + 2,9Mn - 19,6Si, \quad (3)$$

$$R = 0,6, \Delta_{\text{ош}} = 1,7,$$

$$\varphi = 72,7 + 0,98d - 55,3C - 1,89Mn - 21,4Si, \quad (4)$$

$$R = 0,54, \Delta_{\text{ош}} = 2,94.$$

Результаты прогнозирования свойств катанки позволили сделать вывод о том, что уравнения (1)–(4), хорошо отражая влияние химического состава сталей на прочностные свойства, не позволяют с достаточной достоверностью рассчитывать пластические свойства. Это связано с тем, что изменение пластических свойств в большей степени предопределяется технологией производства катанки. Доказательством являются данные таблицы, которые свидетельствуют о том, что дисперсия по  $\delta_5$  и  $\varphi$  на низкоуглеродистых сталях производства БМЗ больше, чем на исследуемой кипящей стали Зкп.

Оценим влияние процесса деформации на изменение свойств проволоки при волочении из катанки диаметром 6,5 мм на РМЗ и из катанки диаметром 5,5 мм при волочении на БМЗ. Как правило, вследствие изменения структуры в процессе деформации происходит повышение  $\sigma_b$ ,  $\sigma_T$  с одновременным снижением  $\delta_5$  и  $\varphi$ . Согласно результатам исследований различных авторов [1–3], можно принять, что дробность деформации и увеличение числа проходов при деформации влияют незначительно на изменение механических свойств. Поэтому предполагаем, что свойства металлов при холодной деформации определяются лишь суммарной деформацией. В соответствии с результатами [4] на изменение свойств в процессе волочения влияет режим деформирования. Можно сделать вывод, что влияет не собственно дробность деформации, а прежде всего скорость и режим охлаждения волок и тянущих барабанов.

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что наиболее интенсивное изменение механических свойств металла, связанных с его упрочнением, происходит в интервале деформаций до 30%. В этот период и происходит изменение в структуре металла, появляется анизотропия свойств, значительно снижаются пластические свойства в поперечном направлении. Большую роль в данном процессе играют примеси и отдельные химические элементы.

На рис. 1 приведены экспериментальные данные по изменению  $\sigma_b$  из катанки стали Зкп завода "Криворожсталь" диаметром 6,5 мм и катанки

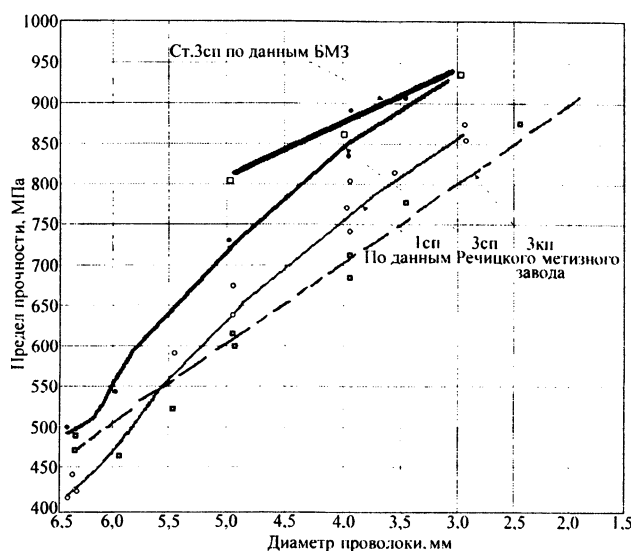


Рис. 1. Изменение предела прочности при волочении катанки

диаметром 5,5 мм из сталей Зсп, 1сп производства БМЗ при волочении на проволоку до диаметра 3,0 мм. Из рисунка видно, что изменение предела прочности для катанки из сталей 1сп и 3кп различается незначительно. Более высокие свойства на катанке (проволоке) из стали Зсп обоснованы более высоким содержанием упрочняющих химических элементов. Это можно объяснить различными технологиями и прежде всего тем, что на БМЗ волочение проволоки производится из катанки диаметром 5,5 мм. Как следует из уравнений (1), (2), прочностные характеристики на катанке диаметром 5,5 мм выше, чем на катанке диаметром 6,5 мм.

С использованием приведенных выше данных рассчитали изменение свойств катанки с учетом того, что наиболее интенсивное изменение предела прочности и относительного удлинения происходит до суммарной деформации  $Q_z = 30\%$  [2, 5]. Результаты расчетов приведены в табл. 2. Из таблицы следует, что относительное удлинение на стали Зкп в 2,2 раза выше, чем на катанке из стали 1сп. При относительно равных содержаниях углерода и марганца содержание кремния в сталях 1кп, 3кп в среднем меньше, чем в стали 1сп, в 5,43 раза. В первом приближении можно принять, что при накопленной относительной деформации (30%) изменение  $\delta_5$  как показателя пластичности будет составлять 1% (абс.) на 0,03% изменения содержания кремния. Несмотря на отсутствие данных по  $\delta_5$  и  $\sigma_T$  для катанки из стали 1кп, с достаточной долей вероятности можно предположить, что ее деформируемость будет еще более высокой, чем на катанке из стали 3кп при высоком значении относительного сужения (71,4%).

Таким образом, оценивая деформируемость катанки исследуемых марок сталей в целом, можно сделать вывод, что использование катанки из кипящих марок сталей технологически оправдано и имеет преимущество по оцениваемым критери-

Таблица 2. Изменение предела прочности и относительного удлинения

Марка стали	Предел прочности $\sigma_n$ , МПа, при деформации $Q_2$ , %		Относительное удлинение $\delta_5$ , %, при деформации $Q_2$ , %	
	0	30	0	30
1сп	423	681	26,5	8,5
3кп	423	681	29,0	13,2

ям пластичности ( $\delta_5$  и  $\phi$ ) по сравнению с катанкой из сталей 1сп, 3сп.

На последующем этапе исследований были выполнены оценка микроструктуры катанки и влияние технологии металлургических переделов на деформируемость катанки.

Для изучения влияния технологии на формирование микроструктуры и механических свойств катанки были отобраны пробы катанки из сталей 3кп, 1кп, 1сп по маршруту волочения катанки на Речицком метизном заводе. Проведен металлографический анализ микроструктуры гвоздей из стали 1сп производства БМЗ, на которых наблюдались дефекты скола при формировании шляпки гвоздя. Дополнительно были проведены исследования на пробах от трех бунтов катанки диаметром 5,5 мм из стали 3сп текущего производства.

Установлено, что микроструктура всех образцов, кроме отожженных, типичная для всех низкоуглеродистых сталей независимо от марки. Это ферритно-перлитная смесь, которая отличается степенью вытянутости зерна, размером зерна, наличием полосчатости. В исходной катанке из сталей 3кп, 1кп структура зерна ферритная с зерном 7—8 баллов и крупным зерном до 5—6 баллов. На сталях 1сп и 3сп зерно мелкодисперсное равноосное, однородное, более мелкое, чем на кипящем металле и достигает 9 баллов. Это обстоятельство подтверждает выводы о роли кремния в формировании структуры при деформации, так как содержание марганца и углерода в сталях 3кп и 3сп практически одинаково, а на стали 1сп меньше, чем на стали 3кп.

На образцах из спокойной стали наблюдается более мелкодисперсная структура, что хорошо объясняет более высокие прочностные свойства и снижение пластичности. Отжиг на всех марках стали на структуру зерна поверхностных слоев влияет одинаково — зерно укрупняется и происходит снижение углерода (обезуглероживание).

Проведем оценку загрязненности неметаллическими включениями. Стали 3кп и 1кп в большей степени загрязнены неметаллическими включениями в виде сульфидов. Но эти включения легко деформируемы и пластичны. Выявлено, что плотность включений в стали 3кп в 3,6 раза меньше, чем в стали 3сп. В сталях 3сп и 1сп отмечается, что сульфидных включений в них значительно меньше, но при этом наблюдается большое количество жогенных хрупких включений, оцененных 3—5

баллами по шкале хрупких силикатов. Строчки включений достигают 120 мкм. Естественно, что при попадании силикатов в зону осаживаемой шляпки это приводит к нарушению сплошности металла и разрушению.

Проведенный анализ микроструктуры позволяет сделать вывод, что катанка производства БМЗ пригодна для использования как подкат для получения проволоки В-1 (диаметр 5 и 4 мм). Использование данной катанки по сравнению со сталью 3кп и тем более сталью 1кп для протяжки на диаметры менее 3 мм нецелесообразно.

Рассмотрим технологические аспекты причин более низкой деформируемости катанки из стали 1сп.

В работах [5—7] показано, что азот отрицательно сказывается на деформируемости стали. При повышении степени раскисления стали возрастает остаточное значение содержания кремния, алюминия, титана и других элементов, что, в свою очередь, способствует повышению содержания азота в стали. В работе [6] приведены результаты исследований, свидетельствующие о том, что содержание азота при выплавке, разливке в готовой стали спокойных марок сталей всегда выше, чем в кипящих марках. Общеизвестно, что при выплавке стали в электродуговых печах наблюдается повышенное содержание азота. Статистический анализ влияния азота (по данным химического состава сталей 1сп, 3сп производства БМЗ) на пластические свойства стали выявил очень тесную связь с относительным сужением, которое характеризует предельную способность металла к пластической деформации.

В работах [8, 9] отмечено, что даже на низкоуглеродистой стали с содержанием углерода 0,19—0,21% пластичность в процессе деформации существенно зависит от технологии выплавки и последующей разливки на МНЛЗ. Например, при увеличении отношения  $Mn/S > 18$  пластичность возрастает в 2 раза [10]. Анализ химического состава шлаков при выплавке сталей показывает, что для сталей 1сп, 3сп отношение  $Mn/S = 12,3$ , для стали 3кп — 14,4, что свидетельствует о большей способности кипящей стали к деформируемости, чем спокойной.

Произведем оценочный расчет пластичности низкоуглеродистой стали как функции от содержания химических элементов в готовой стали (C, Mn, Si, S, P), окисленности шлака ( $FeO$ , %) и основности шлака ( $CaO/SiO_2$ , %) по формуле [8]

Таблица 3. Химический состав шлаков при производстве сталей 1сп, 3сп, 1кп и 3кп

Марка стали	Окисленность шлака, FeO, %	Основность шлака, CaO/SiO <sub>2</sub> , %
1сп	12,42	2,251
3кп	19,6	2,9

$$\Lambda_p = 3,15 + 0,017(\text{FeO} - 10,26) + 0,007(\text{CaO/SiO}_2 - 4,06) - 0,96(\text{Mn} - 0,14) - 8,5(\text{C} - 0,19) + 7,7(\text{Mn} - 0,56) - 8,52(\text{Si} - 0,16) - 20(\text{P} - 0,024) - 106,6(\text{S} - 0,023). \quad (5)$$

Для катанки диаметром 6,5 мм из стали 1сп производства БМЗ (табл.1, 3):

$$\Lambda_p = 3,15 + 0,017(12,42 - 10,26) + 0,007(2,521 - 4,06) - 8,5(0,11 - 0,19) + 7,7(0,41 - 0,5) - 8,52(0,164 - 0,16) = 3,154.$$

Для катанки диаметром 6,5 мм из стали 3кп производства комбината "Криворожсталь" (табл. 1, 3):

$$\Lambda_p = 3,15 + 0,017(19,6 - 10,26) + 0,007(2,9 - 4,06) - 8,5(0,176 - 0,19) + 7,7(0,496 - 0,5) - 8,52(0,036 - 0,16) = 4,329.$$

Результаты расчетов показывают, что относительная пластичность на катанке из стали 3кп на 37,23% выше, чем на катанке из стали 1сп. С точки зрения металлургических процессов это имеет свое объяснение, поскольку выше содержание кремния в стали, а, следовательно, выше и степень раскисления.

Для более глубокого анализа деформируемости катанки за основу взят метод расчета использования запаса пластичности, который широко применяется при анализе маршрутов деформации металла, оценки вероятности появления дефектов при получении металлопродукции из различных марок сталей и сплавов [11].

В качестве исходных данных для расчета используем данные табл. 1, а также значения относительного удлинения, найденные по формуле (5).

### Катанка из стали 3кп

При среднем значении относительного удлинения в выборке 32%:

$$\Lambda_p = 1,73 \ln(100/(100 - 32)) = 1,73 \cdot 0,385 = 0,666$$

(при расчетном  $\delta_s = 31,1\%$  пластичность  $\Lambda_p = 0,643$ ,  $\sigma(\Lambda_p) = 0,089$ ).

$$\text{Для } \delta_s(\text{min}) = 25\% \quad \Lambda_p(\text{min}) = 0,3.$$

Вычислим степень использования запаса пластичности для среднего уровня

$$\Sigma\psi_i = 0,58/0,666 = 0,87.$$

Для минимального уровня пластичности

$$\Sigma\psi_i = 0,58/0,3 = 1,93 > 1,$$

т. е. при этом значении пластичности и соответствующей степени деформации 30% весьма высока вероятность обрыва проволоки.

### Катанка из стали 1сп

$$\Lambda_p = 1,73 \ln(100/(100 - 26,3)) = 1,73 \cdot 0,304 = 0,526$$

(при расчетном  $\delta_s = 30,4\%$  пластичность  $\Lambda_p = 0,538$ ,  $\sigma(\Lambda_p) = 0,0535$ ),

$$\Sigma\psi_i = 0,58/0,526 = 1,1 > 1,$$

$$\Lambda_p(\text{min}) = 0,273, \quad \Sigma\psi_i = 0,58/0,273 = 2,1 > 1,$$

$$\Lambda_p(\text{max}) = 0,81, \quad \Sigma\psi_i = 0,58/0,81 = 0,71 < 1,$$

т. е. даже при максимальном значении уровня пластичности накопленная степень использования пластичности близка к предельной, следовательно, высока вероятность разрушения проволоки при волочении.

Построим теоретическое распределение вероятности нормированной функции нормального закона распределения (функция Лапласа)

$$F(\Lambda_p) = \left[ \left( \frac{\Lambda_p - \bar{\Lambda}_p}{\sigma} \right) \right] \quad \text{и} \quad \sigma(\Lambda_p) = 1 / \sqrt{2} \Sigma(\Lambda_p - \bar{\Lambda}_p)^2.$$

Результаты расчетов по приведенным выражениям представлены на рис. 2. Из рисунка видно, что распределения для сталей 1сп и 3кп частично накладываются друг на друга. Из предыдущих рассуждений можно сделать вывод, что с точки зрения вероятности возникновения дефектов необходимо исследование интервала пластичности  $0,273 < \Lambda_p < 0,526$ , т.е. для стали 1сп

$$F(\Lambda_p) = (0,273 - 0,526) / 0,197 = -1,28.$$

Найденное значение справедливо для симметрично расположенной относительно  $\bar{\Lambda}_p$ -распре-

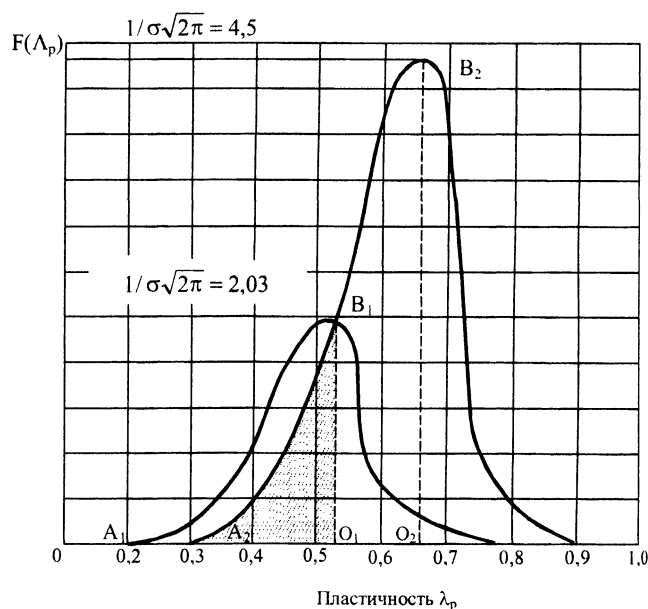


Рис. 2. Распределение пластичности для сталей 1сп, 3кп

деления нормированной случайной величины. Так как рассматривается половина интервала, то  $F(-\lambda_p) = 1 - 0,5F(\lambda_p) = 1 - 0,5(1,28) = 1 - 0,564 = 0,71$ .

Данное расчетное значение показывает, что около 71 % случаев будет находиться в интервале, меньше среднего значения пластичности 0,526 или относительного удлинения, равного 26,3%. Число случаев, соответствующее заштрихованной области в интервале  $0,3 < \lambda_p < 0,526$ , для стали 3кп примем условно за 1. Определив площади фигур  $O_1A_1B_1$  и  $O_2A_2B_2$ , найдем их отношение:  $O_2A_2B_2 / O_1A_1B_1 = 3,1/1,4 = 2,21$ . Из этого вытекает следующий важный вывод: вероятность появления случаев разрыва проволоки на стали 1сп в 2,21 раза выше, чем на стали 3кп. Аналогичные выводы можно сделать и по катанке из стали 1кп.

### Заключение

1. Проведены исследования с целью обоснования применения катанки из кипящего металла при производстве металлопродукции в условиях РУП "Речицкий метизный завод", включающие в себя статистический анализ химического состава и механических свойств катанки из спокойных и кипящих марок сталей, изучение микроструктуры исходной катанки, проволоки и метизной продукции по маршруту волочения катанки на Речицком метизном заводе, оценку влияния технологии производства (по металлургическим переделам) катанки на ее деформируемость. За основу исследований взята катанка производства Белорусского металлургического завода (стали 1сп — 3сп) и Криворожского государственного горно-металлургического комбината "Криворожсталь" (стали 1кп — 3кп).

2. Получены уравнения для прогнозирования прочностных и пластических свойств исследуемых марок сталей в зависимости от содержания основных химических элементов и диаметра катанки. Рассчитаны значения деформируемости в зависимости от параметров сталеплавильной техноло-

гии, окисленности и основности сталеплавильных шлаков. На основе феноменологического метода оценки степени использования запаса пластичности доказано, что вероятность появления разрывов проволоки при волочении на стали 1сп в 2,21 раза выше, чем на катанке из стали 3кп.

3. Комплекс исследований, выполненных по анализу технологии производства низкоуглеродистой катанки и ее деформируемости, свидетельствует о преимуществах катанки из кипящих марок сталей 1кп, 3кп (по сравнению с катанкой из стали 1сп, 3сп) с точки зрения пластичности при получении метизной продукции малых диаметров, составляющей основу экспортного вектора РУП "Речицкий метизный завод".

### Литература

1. Коковихин Ю. И. Технология сталепроволочного производства. Киев: Фирма Віпол, 1995.
2. Третьяков А. В., Трофимов Г. К., Зюзин В. И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением: Справ. М: Металлургия, 1964.
3. Северденко В. П. Влияние условий прокатки на механические свойства, твердость и структуру металла // Металлургия. 1939. № 9. С. 64—67.
4. Никифоров Б. А., Горин Н. Н., Королев Н. Л., Федоров А. В. Пластичность углеродистой проволоки при многократном волочении // Сталь. 1988. № 12. С. 60—62.
5. Крымчанский И. И., Терских С. А., Платов С. И., Морозов С. А. Производство проволоки из углеродистых сталей. Магнитогорск. РИОТ МГТУ. 1999.
6. Пичугин В. В. Исследование закономерностей вторичного окисления и азотации конвертерной стали при выпуске, раскислении и разливке: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1981.
7. Морозов А. Н. Водород и азот в стали. М.: Металлургия, 1968.
8. Пластичность и разрушение / В. Л. Колмогоров, А. А. Богатов, Б. А. Мигачев. М.: Металлургия, 1977.
9. Lankford W. // Metallurgical Transactions. 1972. Vol. 3. N 6. P. 3—24.
10. Прохоров В. Н. // Литейное производство. 1962. № 4. С. 24—27.
11. Битков В. В. Усовершенствование технологии волочения проволоки на базе изучения режима трения и пластических свойств металла: Дис. ... канд. техн. наук. Свердловск, 1978.

Белорусское объединение литейщиков и металлургов,  
редакция журнала «Литье и металлургия»  
от всей души поздравляют коллектив РУП «РМЗ»  
с 90-летием со дня основания.

Мы считаем, что весьма успешно пройдена начальная стадия становления завода и, несмотря на экономические и социальные бури, которые все эти годы проносились над Вами, предприятие стало конкурентоспособным и широко известным далеко за пределами нашей страны.

Так держать и пусть в дальнейшем Вас сопровождают только удача и огромные успехи. А БелОЛиМ всегда с Вами.