

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБНОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ПРОКАТКИ НА ШИРОКОПОЛОСНОМ СТАНЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

¹Краснов М.Л., ²Некит В.А., ²Платов С.И., ¹Мешков Е.И., ²Терентьев Д.В.

¹ПАО «ММК» г. Магнитогорск, Россия

²ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия psipsi@mail.ru

³ООО «АУСФЕРР» г. Магнитогорск, Россия

Прочностные характеристики: предел прочности σ_b и предел текучести σ_t и характеристики пластичности – относительное удлинение δ и относительное сужение ψ при механической и термической обработке по разным причинам изменяются в широких пределах [1-7]. Ударная вязкость КСУ⁻⁴⁰ оценивается в отдельном испытании, часто при сверхнизких температурах для оценки низкотемпературной хрупкости трубных сталей. Общеизвестно, что в общем случае между прочностью и пластичностью существует устойчивая связь. Испытание механических свойств сталей в производственных условиях проводится в большом объеме и имеет высокую трудоемкость [8-12].

Цель настоящей работы – исследовать корреляционные связи между параметрами механических свойств трубной стали, прокатываемой на широкополосном стане горячей прокатки, методами математической статистики.

В табл.1 представлены результаты измерения предела прочности σ_b , предела текучести σ_t , относительного удлинения δ и низкотемпературной ударной вязкости КСУ⁻⁴⁰ для листового металла толщиной 11мм.

Таблица 1- Результаты выборки исследуемых параметров

	Относительное удлинение, δ , %	Предел прочности, σ_b , МПа	Предел текучести, σ_t , МПа	Ударная вязкость, КСУ ⁻⁶⁰ , Дж/см ²
1	24	580	430	211
2	23	570	430	207
3	23	560	415	209
4	25	550	405	201
5	24	570	430	199
6	24	560	410	211
7	23	560	410	191
8	23	560	435	196
9	29	550	385	209
10	26	560	385	185
11	31	520	390	283
12	30	530	395	283
13	26	550	380	243
14	27	540	380	201
15	29	530	380	266
16	29	530	380	270
17	27	520	380	275
18	29	520	380	275
19	23	570	410	190
20	27	570	410	192
21	28	520	395	251
22	29	520	395	283

Для определения матрицы парных коэффициентов корреляции использовали пакет «Анализ данных» в MS EXCEL. Результаты вычисления коэффициентов корреляции представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Матрица парных коэффициентов корреляции для стали толщиной 11мм

	Относительное удлинение, δ , %	Предел прочности, σ_B , МПа	Предел текучести, σ_T , МПа	Ударная вязкость, КСУ ⁻⁴⁰ , Дж/см ²
δ	1			
σ_B	-0,81244	1		
σ_T	-0,75087	0,738007	1	
КСУ-40	0,779048	-0,87178	-0,56866	1

Корреляционная связь между прочностью и пластичностью имеет отрицательный угловой коэффициент прямой линейной связи в полном соответствии с общеизвестными качественными представлениями. Оба коэффициента корреляции имеют отрицательное значение (-0,81244, -0,75087), табл. 2.

Корреляционная связь между ударной вязкостью и пластичностью КСУ⁻⁶⁰ = f(δ) имеет положительный угловой коэффициент прямой линейной связи и положительный коэффициент корреляции R = 0,779048. Корреляционная связь между ударной вязкостью и прочностью КСУ⁻⁶⁰ = f(σ_B) имеет отрицательный угловой коэффициент прямой линейной связи, коэффициент корреляции R = -0,87178.

Числовое значение коэффициентов корреляции превышает 0.75, что свидетельствует о тесной линейной связи между отдельными показателями механических свойств.

Результаты вычисления коэффициентов корреляции толщиной 9 и 8 мм представлены в табл. 3 и табл. 4.

Таблица 3 - Матрица парных коэффициентов корреляции для стали толщиной 9мм

	Относительное удлинение, δ , %	Предел прочности, σ_B , МПа	Предел текучести, σ_T , МПа	Ударная вязкость, КСУ ⁻⁴⁰ , Дж/см ²
δ	1			
σ_B	-0,3787835	1		
σ_T	-0,4911036	0,8144243	1	
КСУ-40	0,488944	-0,5351118	-0,4789124	1

Сравнение результатов исследований показывают линейную статистическую связь между параметрами прочности: пределом прочности σ_B и пределом текучести σ_T (0,81, 0,897). Это позволяет исключить из исследований один из них или составить из них комбинационный параметр.

Таблица 4 - Матрица парных коэффициентов корреляции для стали толщиной 8мм

	Относительное удлинение, δ , %	Предел прочности, σ_B , МПа	Предел текучести, σ_T , МПа	Ударная вязкость, КСУ ⁻⁴⁰ , Дж/см ²
δ	1			
σ_B	-0,40674	1		
σ_T	-0,59265	0,896603	1	
КСУ-40	0,338037	-0,81236	-0,7263	1

Список литературы

1. Платов С.И., Некит В.А., Огарков Н.Н., Железков О.С. Исследование технологии ускоренного охлаждения катанки на проволочном стане. Обработка сплошных и слоистых материалов. 2016. № 2 (45). С. 45-48.
2. Гареев А.Р., Муриков С.А., Платов С.И., Урцев В.Н., Шмаков А.В. Направления совершенствования технологии и оборудования ускоренного охлаждения на широкополосных станах горячей прокатки // Производство проката – 2015. №3. С. 14-21.
3. Гареев А.Р., Муриков С.А., Платов С.И., Урцев В.Н., Шмаков А.В. Расчет термомеханических режимов и практических настроек ШСГП при опытных прокатках сложного сортамента // Производство проката – 2015. №5. С. 14-17.
4. Платов С.И., Некит В.А., Звягина Е.Ю., Терентьев Д.В. Улучшение температурного режима прокатных валков за счет совершенствования их охлаждения в процессе прокатки. В сборнике: Перспективные материалы и технологии Материалы международного симпозиума. В 2-х частях. Под редакцией В.В. Рубаника . 2017. С. 247-250.
5. Система управления технологией на базе хранилища технологических данных / Капцан Ф.В., Фомичев А.В., Пронин А.О., Вознесенский А.А. // Совершенствование технологии в ОАО «ММК»: Сб. тр. Центральной лаб. ОАО «ММК». Вып.10. Магнитогорск 2006, С. 378-389.
6. Платов С.И., Некит В.А., Звягина Е.Ю., Терентьев Д.В. Улучшение температурного режима прокатных валков за счет совершенствования их охлаждения в процессе прокатки. В сборнике: Перспективные материалы и технологии Материалы международного симпозиума. В 2-х частях. Под редакцией В.В. Рубаника . 2017. С. 247-250.
7. Платов С.И., Некит В.А., Огарков Н.Н. Силы трения в процессе волочения катанки. В сборнике: Перспективные материалы и технологии Материалы международного симпозиума. В 2-х частях. Под редакцией В.В. Рубаника . 2017. С. 251-253.
8. Ogarkov, N.N., Platov, S.I., Shemetova, E.S., Samodurova, M.N., Terent'ev, D.V., Nekit, V.A. Oil Absorption Capacity of the Contact Surfaces in Metal-Forming Processes (2017) *Metallurgist*, 61 (1-2), pp.58-62. <http://www.kluweronline.com/issn/0026-0894>.
9. Platov, S.I., Nekit, V.A., Ogarkov, N.N. Improving the controlled cooling after wire rod rolling in the finishing block of stands (2016) *Materials Science Forum*, 870, pp. 620-624. <http://www.ttp.net/0255-5476.html>.
10. Nekit, V., Platov, S., Krasnov, M. The nature of the change of the surface temperature of the workpiece during hot rolling of pipe steel (2018) MATEC Web of Conferences 224,01104.
11. Platov, S.I., Nekit, V.A., Ogarkov, N.N. Comparative evaluation of analytical methods for the determination of coefficients of friction and stresses when wire rod drawing (2018) *Solid State Phenomena* 284 SSP, с. 247-252.
12. Platov, S.I., Nekit, V.A., Ogarkov, N.N. Determination of frictional forces during wire rod drawing process by reverse method 2017 *Solid State Phenomena* 265 SSP, с. 1152-1156.