



Analysis of interconnection between characteristics of rolled wire and deformational characteristics of produced of it wire in conditions of RUP «BMZ» is investigated. It is shown that the higher degree of wire delamination the lower characteristics of curling.

А. Н. ЧИЧКО, БНТУ, А. В. ВЕДЕНЕЕВ, РУП «БМЗ», О. А. САЧЕК, БНТУ,
Л. А. ФЕКЛИСТОВА, РУП «БМЗ»

УДК 629.113

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ КАТАНКИ И ДЕФОРМАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ ИЗГОТАВЛИВАЕМОЙ ИЗ НЕЕ ПРОВОЛОКИ

Известно, что исходным материалом для изготовления проволоки в метизном производстве является катанка металлургического производства. Именно при формировании свойств катанки закладываются многие свойства проволоки, которая получается путем волочения. Поэтому исследования взаимосвязей между свойствами катанки и проволоки являются одной из важнейших задач металлургического производства.

Цель работы – исследование взаимосвязей между свойствами бортовой бронзированной проволоки и катанки.

На рис. 1 показана структурная схема формирования свойств стальной бронзированной проволоки. Из рисунка видно, что свойства проволоки развиваются в катанке, что позволяет сформулировать гипотезу о взаимосвязи свойств катанки и проволоки, получаемой из нее. Исследования взаимосвязей проводили по данным РУП «БМЗ».

Одна из важнейших эксплуатационных характеристик проволоки – степень ее скручивания. В то же время основным дефектом, снижающим механические свойства проволоки, является расслой. Представляет интерес исследовать взаимосвязи между расслоем в проволоке и степенью ее скручивания. В производстве РУП «БМЗ» степень расслоя в проволоке определяют по формуле

$$r = \frac{N_r}{N} \cdot 100\%,$$

где N_r – число испытаний образцов проволоки, для которых наблюдается дефект «расслой»; N – число всех испытаний образцов.

Известно, что дефект «расслой» для бортовой проволоки имеет место для диаметров 1,55 и 1,6 мм. В результате статистической обработки данных РУП «БМЗ» была установлена взаимосвязь между числом скручиваний и величиной расслоя для про-



Рис. 1. Схема формирования свойств стальной бронзированной проволоки

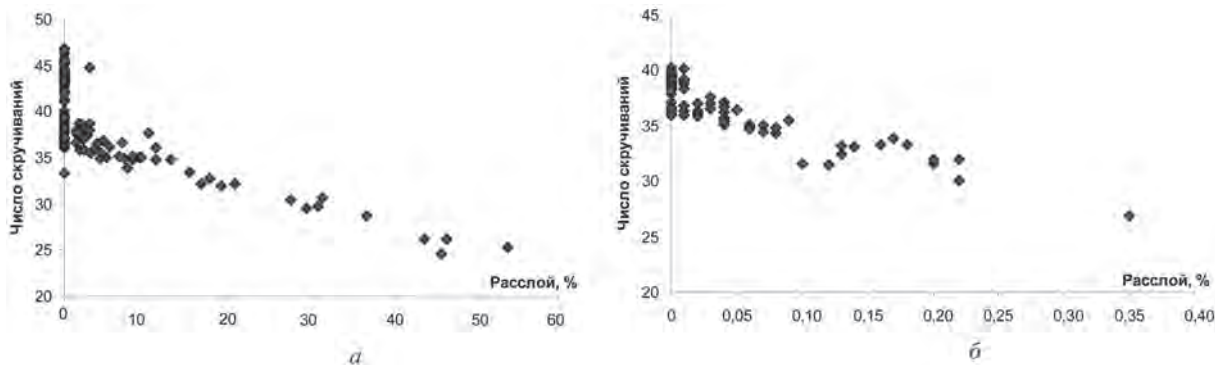


Рис. 2. Корреляционное поле числа скручиваний и величины раслоса для различных диаметров проволоки: *a* – диаметр 1,6 мм; *б* – диаметр 1,55 мм

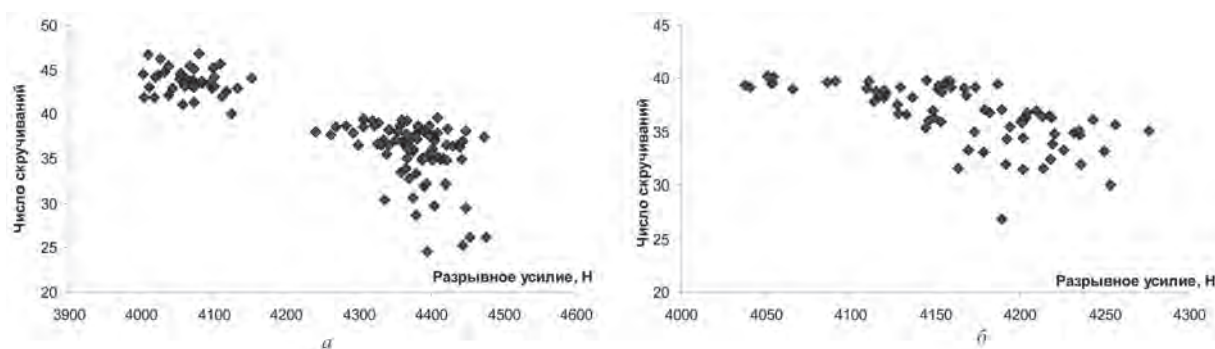


Рис. 3. Корреляционное поле числа скручиваний и разрывного усилия для различных диаметров проволоки: *a* – диаметр 1,6 мм; *б* – диаметр 1,55 мм

волоки диаметром 1,6 мм (рис. 2, *a*) и 1,55 мм (рис. 2, *б*). Как видно из рисунка, существует ярко выраженная тенденция к увеличению степени раслоса при снижении числа скручиваний проволоки. Коэффициенты корреляции составляют $-0,77$ для диаметра проволоки 1,6 мм и $-0,89$ для диаметра 1,55 мм. Зависимость носит обратный характер.

В результате статистической обработки данных были установлены взаимосвязи между числом скручиваний и свойствами проволоки, а именно величиной разрывного усилия и относительного удлинения. На рис. 3 приведены взаимосвязи числа скручиваний от величины разрывного усилия проволоки для диаметров 1,6 и 1,55 мм. Как видно из рис. 3, *a*, для проволоки диаметром 1,6 мм распределение точек разделено на две области: первая область соответствует высоким значениям разрывного усилия (4240–4476) и низким значениям числа скручиваний (40 и ниже), вторая область характеризуется меньшими значениями содержания углерода (4000–4152) и большими значениями числа скручиваний проволоки (40 и выше). Как следует из рис. 3, *б*, для проволоки диаметром 1,55 мм взаимосвязь менее ярко выражена, но тенденцию к снижению числа скручиваний при увеличении разрывного усилия можно проследить. Коэффициенты корреляции числа скручиваний и величины

разрывного усилия составляют $-0,83$ и $-0,65$ для диаметров 1,6 и 1,55 мм соответственно.

На рис. 4 показана взаимосвязь числа скручиваний от величины относительного удлинения проволоки для диаметра 1,6 мм. Как видно из рисунка, распределение точек более размыто по сравнению с аналогичной взаимосвязью для разрывного усилия. Коэффициент корреляции числа скручиваний и относительного удлинения составляет $-0,59$.

На рис. 5, 6 показана взаимосвязь числа скручиваний проволоки и содержания углерода в катанке. Как видно из рисунков, для диаметров 1,6 и 1,55 мм имеет место четко выраженная тенденция к снижению числа скручиваний проволоки в зависимости от содержания углерода в катанке.

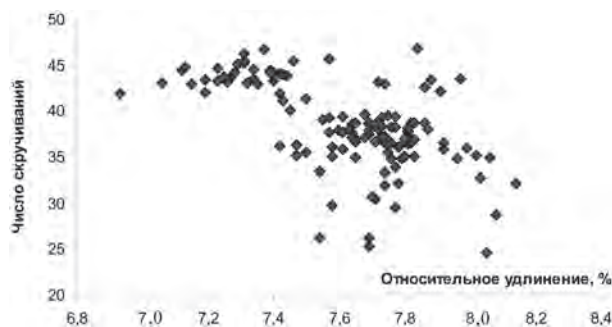


Рис. 4. Корреляционное поле числа скручиваний и величины относительного удлинения в проволоке диаметром 1,6 мм

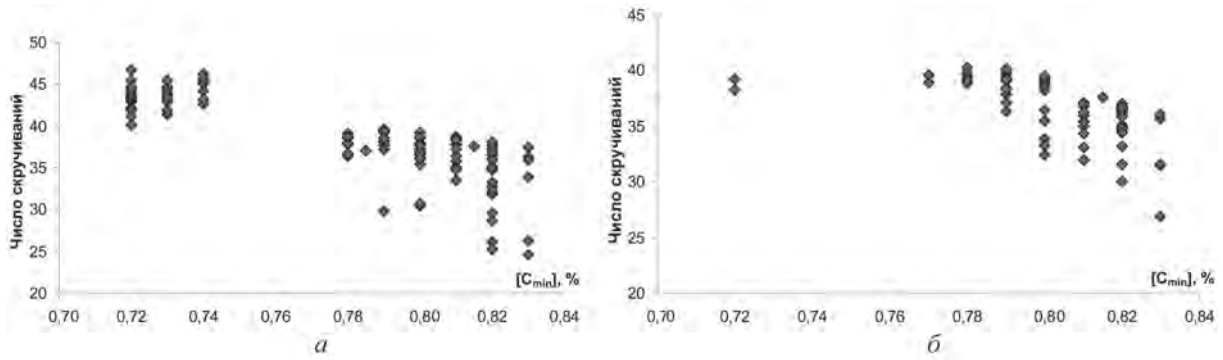


Рис. 5. Корреляционное поле числа скручиваний и минимального содержания углерода катанки для различных диаметров проволоки: *a* – диаметр 1,6 мм; *б* – диаметр 1,55 мм

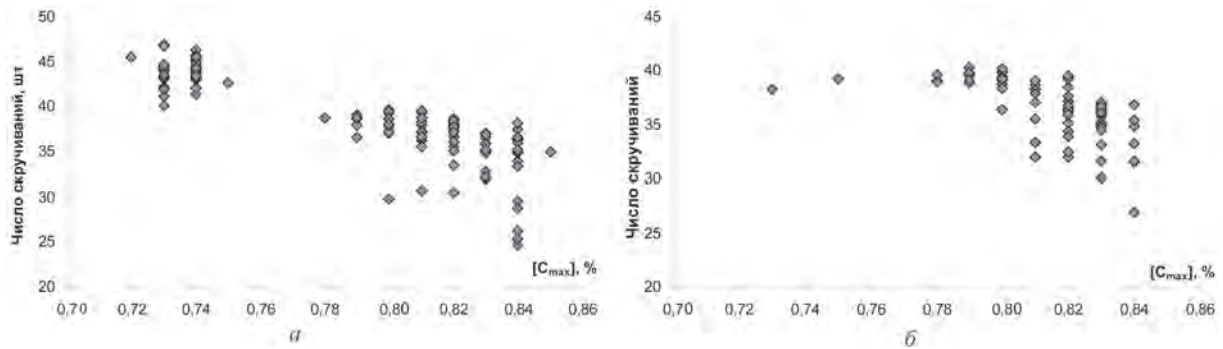


Рис. 6. Корреляционное поле числа скручиваний и максимального содержания углерода катанки для различных диаметров проволоки: *a* – диаметр 1,6 мм; *б* – диаметр 1,55 мм

Распределение точек разделено на две области: первая область соответствует высоким значениям содержания углерода (0,78–0,84) и низким значениям числа скручиваний проволоки (40 и ниже), вторая область характеризуется меньшими значениями содержания углерода (0,72–0,75) и больши-

ми значениями числа скручиваний проволоки (40 и выше). Коэффициенты парной корреляции для диаметра 1,6 мм составляют $-0,84$ и $-0,85$, для диаметра 1,55 мм для минимального и максимального содержания углерода – соответственно $-0,61$ и $-0,62$.

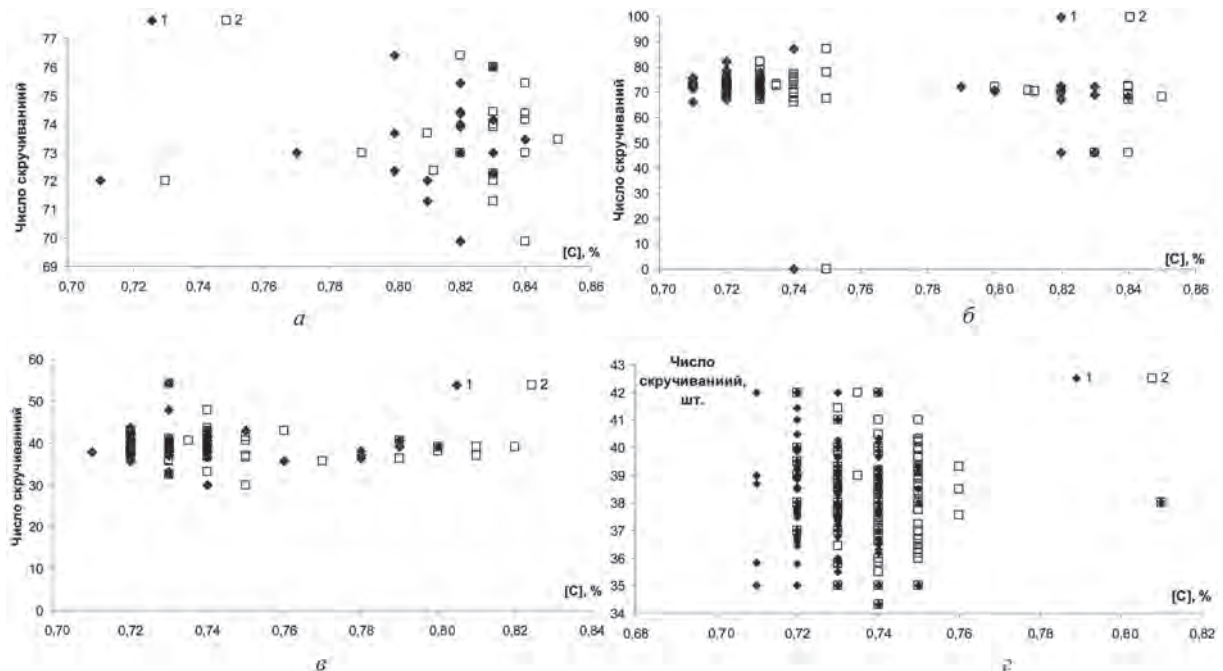


Рис. 7. Корреляционное поле числа скручиваний проволоки и содержания углерода катанки для различных диаметров проволоки: *a* – диаметр 0,89 мм; *б* – 0,965; *в* – 1,3; *г* – 1,5 мм; 1 – минимальное содержание углерода; 2 – максимальные содержание углерода

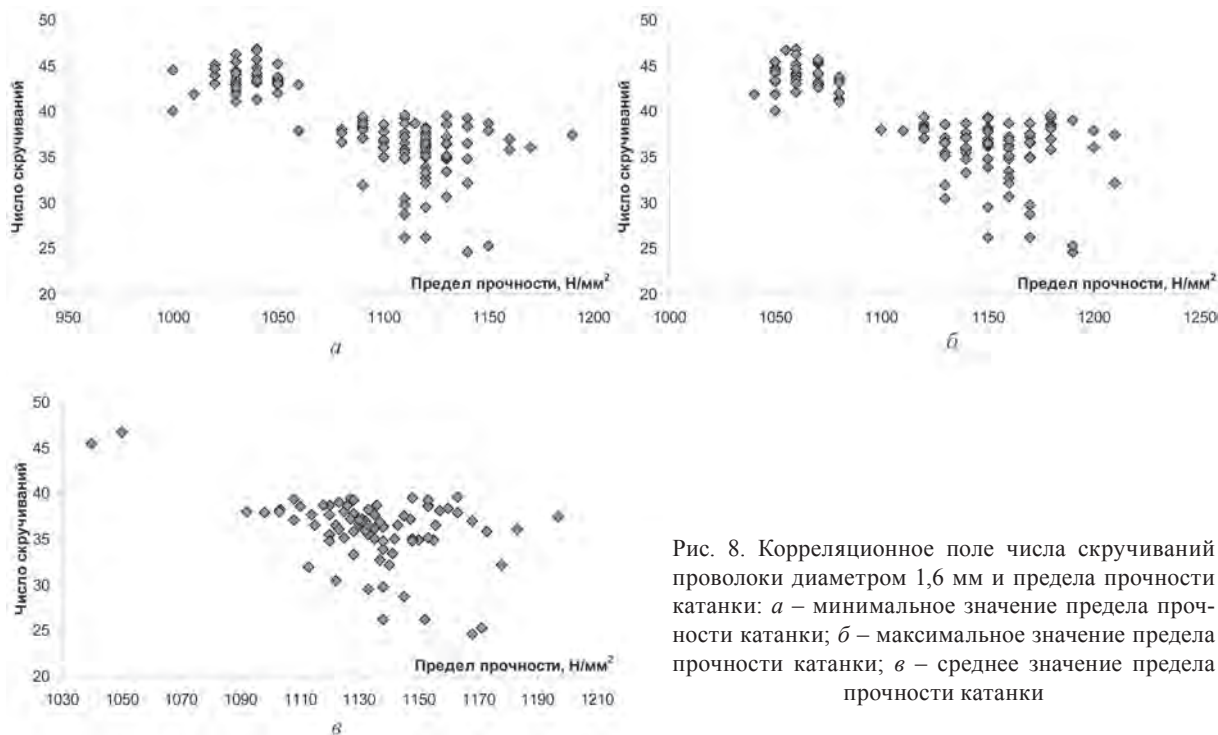


Рис. 8. Корреляционное поле числа скручиваний проволоки диаметром 1,6 мм и предела прочности катанки: *a* – минимальное значение предела прочности катанки; *b* – максимальное значение предела прочности катанки; *v* – среднее значение предела прочности катанки

Для диаметров 0,89, 0,965, 1,3 и 1,5 мм зависимости числа скручиваний проволоки от содержания углерода не выявлено. На рис. 7 показаны взаимосвязи между числом скручиваний проволоки и содержанием углерода в катанке для различных диаметров проволоки. Как видно из рисунка, взаимосвязи носят хаотический характер.

В результате статистической обработки данных были установлены взаимосвязи между числом скручиваний проволоки и свойствами катанки, а именно пределом прочности, относительным удлинением и относительным сужением. На рис. 8 приведены взаимосвязи числа скручиваний проволоки для диаметра 1,6 мм и величины предела прочности для катанки. Из рис. 8, *a*, *b* видно, что распределение точек разделено на две области: первая область соответствует высоким значениям предела прочности (1080–1190) и низким значениям числа скручиваний (40 и ниже), вторая область характеризуется меньшими

значениями предела прочности (1000–1060) и большими значениями числа скручиваний проволоки (40 и выше). Распределение точек для взаимосвязи числа скручиваний со средним значением предела прочности более размыто (рис. 8, *v*). Коэффициенты корреляции составляют соответственно $-0,77$, $-0,79$ и $-0,72$ для минимального, максимального и среднего значений предела прочности.

На рис. 9 показаны взаимосвязи числа скручиваний проволоки для диаметра 1,6 мм и величины относительного сужения для катанки. Как видно из рисунка, с увеличением относительного сужения имеется тенденция к увеличению числа скручиваний. Нечеткость корреляционной связи может быть обусловлена влиянием других факторов на число скручиваний проволоки. Коэффициенты корреляции составляют соответственно $0,57$ и $0,56$ для минимального и максимального значений относительного сужения.

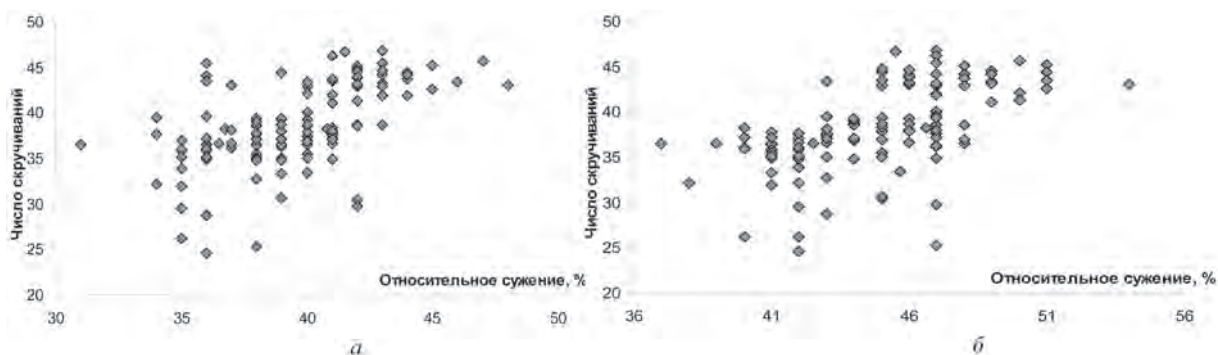


Рис. 9. Корреляционное поле числа скручиваний проволоки и относительного сужения катанки для проволоки диаметром 1,6 мм: *a* – минимальное значение относительного сужения; *b* – максимальное значение относительного сужения

О взаимосвязи между содержанием углерода в катанке и свойствами изготавливаемой из нее проволоки. В результате статистической обработки данных была найдена взаимосвязь между содержанием углерода в катанке и свойствами проволоки. На рис. 10 приведены взаимосвязи величины разрывного усилия проволоки для диаметра 1,6 мм и содержания углерода в катанке. Как видно из рисунка, имеется ярко выраженная тенденция к увеличению разрывного усилия проволоки при увеличении значений концентраций углерода в катанке в виде полосы линейного типа. Коэффициент корреляции равен 0,97 для минимального и максимального содержания углерода.

На рис. 11 приведены взаимосвязи значений относительного удлинения проволоки для проволоки диаметра 1,6 мм и содержания углерода в катанке. Как видно из рисунка, взаимосвязи носят нечетко выраженный линейный характер. Коэффициенты корреляции составляют соответственно 0,69 и 0,68 для минимального и максимального значений содержания углерода.

О взаимосвязи между содержанием углерода в катанке и ее свойствами. В результате статистической обработки данных были найдены взаимосвязи между содержанием углерода и механическими свойствами катанки. Коэффициенты корреляции приведены в таблице. На рис. 12–14 показаны

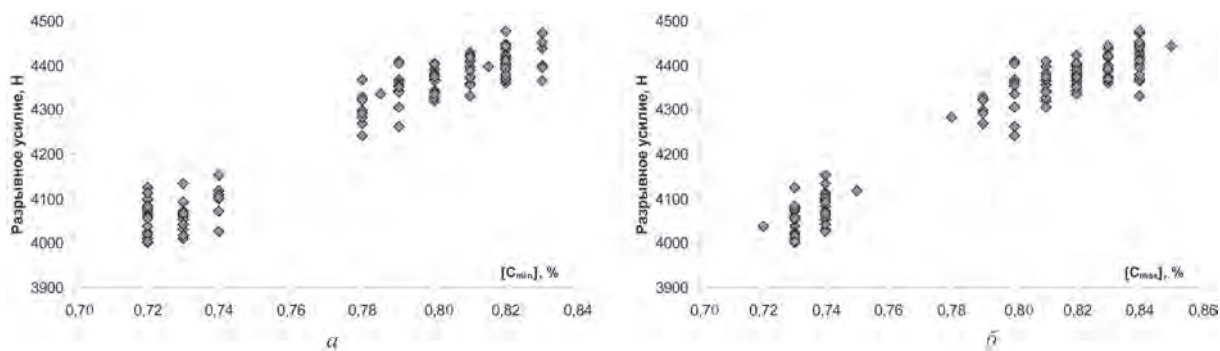


Рис. 10. Корреляционное поле разрывного усилия проволоки и содержания углерода катанки для проволоки диаметром 1,6 мм: а – минимальное значение содержания углерода; б – максимальное значение содержания углерода

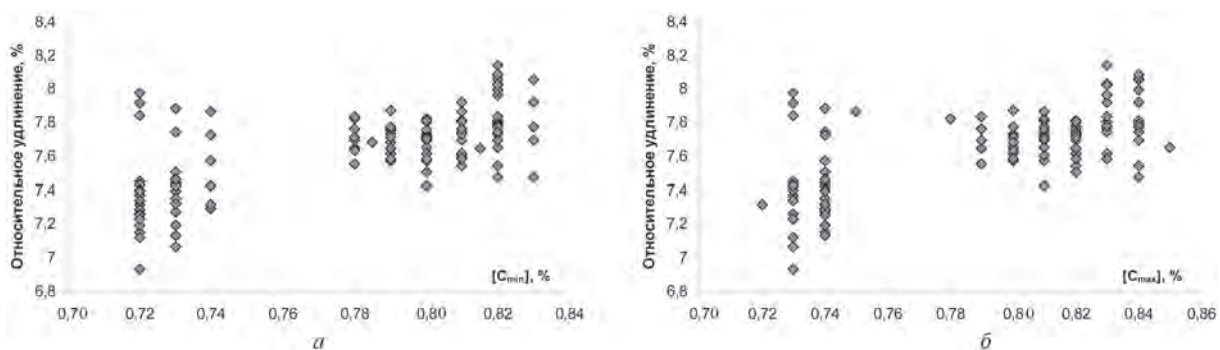


Рис. 11. Корреляционное поле относительного удлинения проволоки и содержания углерода в катанке для проволоки диаметром 1,6 мм: а – минимальное значение содержания углерода; б – максимальное значение содержания углерода

Коэффициенты корреляции между содержанием углерода и механическими свойствами катанки

Первый параметр	Второй параметр	Коэффициент корреляции
Минимальное значение предела прочности	Минимальное содержание углерода в катанке	0,90
Минимальное значение предела прочности	Максимальное содержание углерода в катанке	0,89
Максимальное значение предела прочности	Минимальное содержание углерода в катанке	0,92
Максимальное значение предела прочности	Максимальное содержание углерода в катанке	0,92
Среднее значение предела прочности	Минимальное содержание углерода в катанке	0,84
Среднее значение предела прочности	Максимальное содержание углерода в катанке	0,82
Минимальное значение относительного сужения	Минимальное содержание углерода в катанке	-0,68
Минимальное значение относительного сужения	Максимальное содержание углерода в катанке	-0,67
Максимальное значение относительного сужения	Минимальное содержание углерода в катанке	-0,58
Максимальное значение относительного сужения	Максимальное содержание углерода в катанке	-0,59

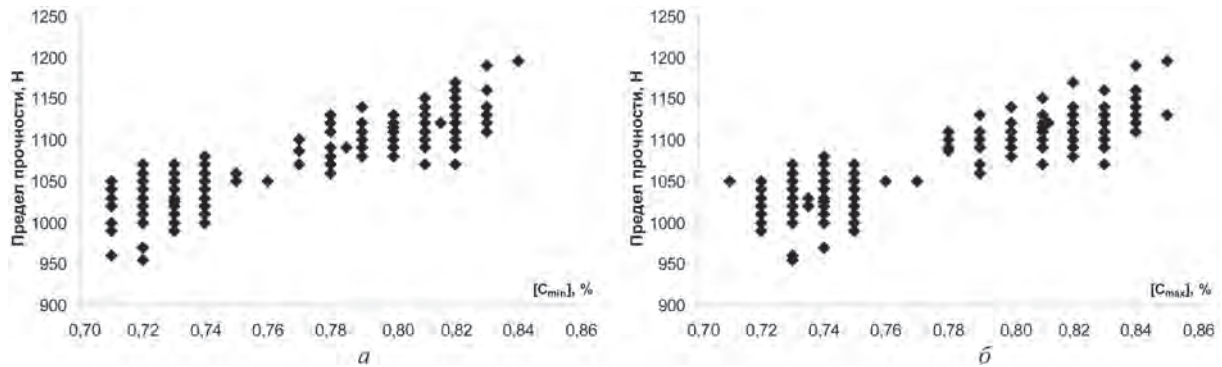


Рис. 12. Корреляционное поле минимального предела прочности катанки и содержания углерода в катанке для проволоки диаметром 1,6 мм: *a* – минимальное значение содержания углерода; *б* – максимальное значение содержания углерода

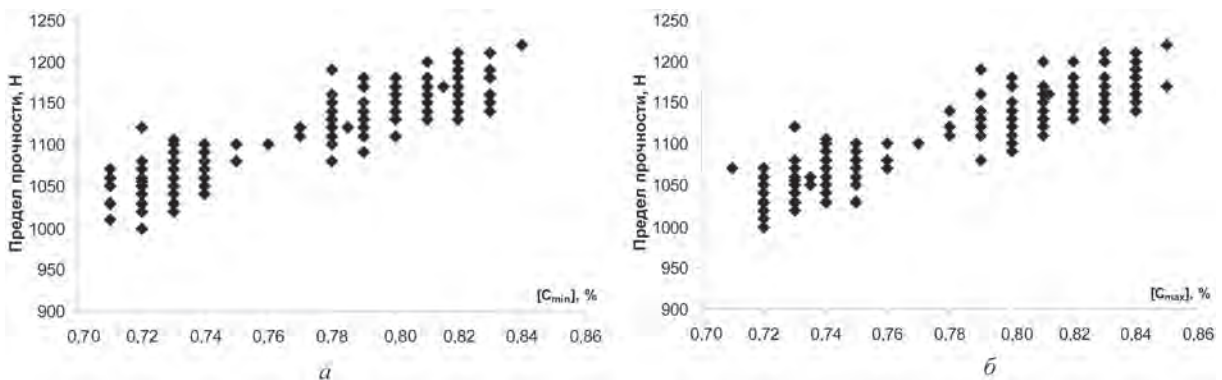


Рис. 13. Корреляционное поле максимального предела прочности катанки и содержания углерода в катанке для проволоки диаметром 1,6 мм: *a* – минимальное значение содержания углерода; *б* – максимальное значение содержания углерода

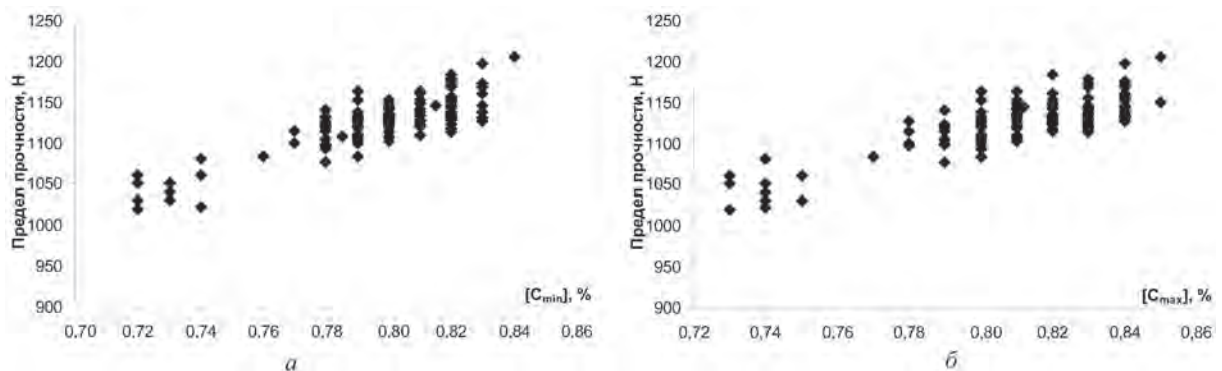


Рис. 14. Корреляционное поле среднего предела прочности катанки и содержания углерода в катанке для проволоки диаметром 1,6 мм: *a* – минимальное значение содержания углерода; *б* – максимальное значение содержания углерода

взаимосвязи предела прочности и содержания углерода в катанке.

Для параметра предела прочности катанки анализируются минимальное, максимальное и среднее значения, для параметра содержания углерода – минимальное и максимальное значения. Как видно из рисунков, взаимосвязь носит ярко выраженный линейный характер. С увеличением значений концентрации углерода в катанке увеличиваются значения предела прочности катанки (см. таблицу).

Как видно из таблицы, наибольшие коэффициенты корреляции наблюдаются для предела прочности катанки.

На рис. 13, 14 приведены взаимосвязи минимального и максимального значений относительного сужения катанки от минимального и максимального содержания углерода в катанке.

Таким образом, в результате исследования корреляционных взаимосвязей между числом скручиваний проволоки и величиной расслоя было установлено, что чем выше число скручиваний в бортовой бронзированной проволоке, тем ниже вероятность обнаружить расслой в проволоке. Показано, что чем больше содержание углерода в катанке, тем ниже число скручиваний в бортовой бронзированной проволоке. Показано, что чем выше число скручиваний в бортовой бронзированной

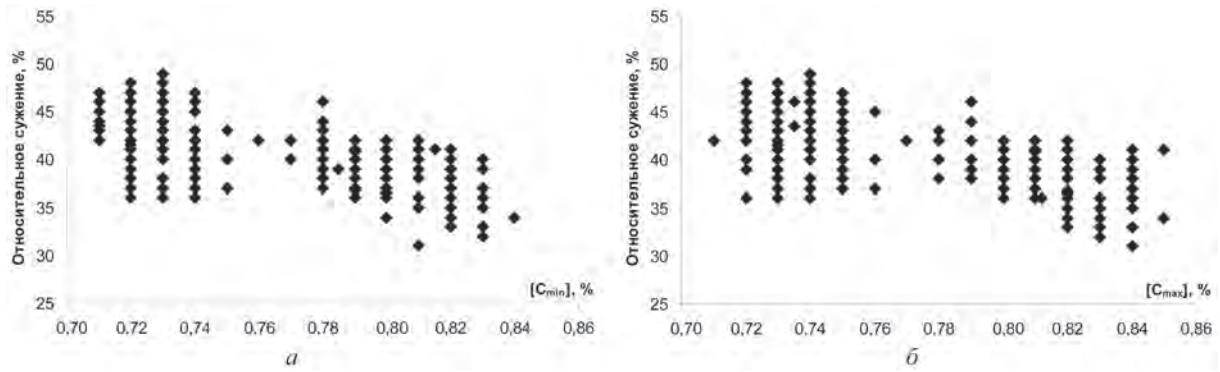


Рис. 13. Корреляционное поле минимального относительного сужения катанки и содержания углерода в катанке для проволоки диаметром 1,6 мм: *a* – минимальное значение содержания углерода; *б* – максимальное значение содержания углерода

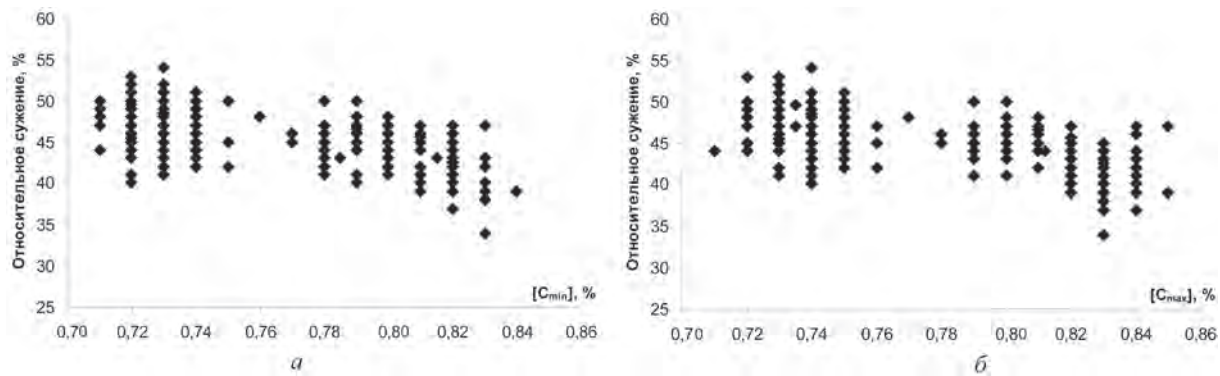


Рис. 14. Корреляционное поле максимального относительного сужения катанки и содержания углерода в катанке для проволоки диаметром 1,6 мм: *a* – минимальное значение содержания углерода; *б* – максимальное значение содержания углерода

ной проволоке, тем ниже величина разрывного усилия и относительного удлинения проволоки и чем выше число скручиваний в бортовой бронзированной проволоке, тем ниже величина предела прочности и выше значение относительного сужения катанки. С увеличением значений концентрации углерода в катанке повышаются значения предела прочности катан-

ки и уменьшаются значения относительного сужения катанки.

Таким образом, полученные взаимосвязи между характеристиками катанки металлургического производства и свойствами изготавливаемой из нее проволоки позволяют сделать вывод о существовании наследственности между свойствами стальной проволоки и микроструктуры катанки.