

УДК 677.016.673.2

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТКАНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТОК

Максимов А.А., Аллямов Р.Р., Тувин А.А.

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», Иваново,
e-mail: tuvin@ivgpu.com

Настоящая статья посвящена организации контроля над качеством металлических сеток, изготавливаемых тканым способом, как по отечественным, так и по зарубежным технологиям. Завышенная себестоимость продукции и неспособность оборудования соответствовать требованиям к производительности, как правило, являются результатом выпуска некачественной металлопродукции. Главным решением обозначенных проблем выступает уровень профессионализма организации технического контроля качества металлоткаемых, на всех этапах производства и эксплуатации. В современных условиях производства полномочия по контролю над качеством выпускаемой металлопродукции осуществляются: металлоткачом, наладчиком, контролером отдела технического контроля. С учетом основных требований, предъявляемых к процессу металлоткачества, исходя из потребительского спроса к входному продукту (проволоке), были определены их наиболее информативные количественные показатели. С целью модернизации методов обозначения качества металлоткачкой продукции были сформулированы механизмы постоянной диагностики свойств проволоки выступающей входным продуктом и сетки выступающей выходным. Так же был сформулирован способ генерирования общего параметра качества изделия, создаваемого при волочении, отжиге и наматывании, сформулированы нормативы целостных качественных параметров и рекомендована методика вычисления значения целостного параметра готового металлоткаемого изделия.

Ключевые слова: тканые металлические сетки, металлоткаческое производство, технический контроль

ORGANIZATION OF TECHNICAL CONTROL OF PRODUCTION WOVEN METAL MESH

Maksimov A.A., Allyamov R.R., Tuvina A.A.

Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, e-mail: tuvin@ivgpu.com

This article is devoted to the quality control of woven metal mesh, both in domestic and foreign standards. Production of low-quality products of metal-weaving production leads to overspending of raw materials, decrease of equipment productivity and increase of production cost. The main solution to these problems is the level of professionalism of the organization of technical quality control of metal grids at all stages of production and operation. At the present stage of production quality control of products of metal-weaving production is carried out: the metalweaver, the Adjuster, the controller of Department of technical control. Taking into account the basic requirements for the metal-weaving process, based on consumer demand for the input product (wire), their most informative quantitative indicators were determined. In solving the problem of improving the methodology for determining the quality of products of the metalweaving production, algorithms for continuous determination of the quality of the wire as an input product and the grid as an output product of the metal-weaving production are developed, a method for constructing a comprehensive indicator of the quality of the wire formed in the processes of drawing, annealing and winding, the normative values for the unified quality indicators are determined, as well as a formula for calculating the value of the complex indicator of the quality of the grid.

Keywords: woven metal mesh, metal-weaving production, technical control

Контроль характеристик металлических сеток, изготавливаемых тканым способом, проводится на основании четко регламентированных параметров (диаметр проволоки, размер стороны ячейки, количество ячеек с максимальным размером и др.). Современные методики измерения [1] и средства вычислительной техники, позволяющие выявлять свойства конструкций текстильных материалов [2], являются средством осуществления контроля над качеством металлических сеток, изготавливаемых тканым способом на этапе современного производства. Уже на стадии проектирования необходимо учитывать, что нарушение характеристик граней ячеек и прочие недостатки проявляются главным образом по причине неправильного взаимодействия баганного механизма с упругой системой заправки

станка, вследствие чего технологический процесс подвергается влиянию деформации свойств рабочих органов.

Производство металлоткачкой продукции низкого качества приводит к нецелесообразному увеличению расходов сырья, минимизации производительных характеристик оборудования и повышению себестоимости продукции. Повышение качества выпускаемой продукции может быть достигнуто изменением организации технического контроля над качеством металлических сеток, изготавливаемых тканым способом, как на стадии производства, так и при получении готового изделия. Справочная [3, 4] и техническая литература [5] главным образом посвящены типам брака, причинам их вызывающим и мерам предупреждения.

Таблица 1

Потребительские требования процесса металлочащечества к входному продукту (проволоке)

Потребительские требования процесса металлочащечества	Выделенные свойства
Неизменность параметров толщины на всем протяжении	Толщина
Высокая степень сопротивления к растяжениям и изгибам	Прочность Деформация Жесткость
Отсутствие внутренних и внешних дефектов	Исправность

Металлическая сетка, изготовленная тканым способом, должна отвечать действующим стандартам [6, 7] и техническим условиям [3, 4] предприятий легкой промышленности. Результатом выпуска некачественной металлопродукции являются завышенная себестоимость продукции и неспособность оборудования соответствовать требованиям к производительности.

В условиях современного производства полномочия по контролю над качеством выпускаемой металлопродукции осуществляются следующим образом:

– металлочащеч, в процессе ткачества осуществляет визуальный осмотр и замеряет параметры сетки (среднеарифметическую величину ячейки, количество ячеек на 1 см или 1 дм, ширину сетки, диаметр проволоки и т.д.);

– наладчик (мастер смены), осуществляет визуальный осмотр и замеряет параметры сетки перед выполнением работы, а также в процессе выполнения;

– контролер, осуществляет визуальный осмотр и замеряет параметры сетки на рабочих местах, на каждом производственном этапе. Так же контролером проводится мониторинг соответствия поступающей продукции требованиям, заявленным в стандартах и технических условиях.

Качество готовой продукции состоит на контроле отдела технического контроля производства. На данном этапе соответствие требованиям нормативно-технической документации проверяется непосредственно на металлочащечном станке [8], а также с использованием контрольных машин и специальных контрольных столов.

Тяжелые сетки (имеющие величину ячейки от 2 мм и диаметр проволоки от 0,50 мм) проходят визуальный контроль на рабочем месте, с условием снятия с товарного барабана и измерения основных параметров, таких как ширина, длина рулона, средний размер стороны ячейки и т.д.

Более плотные сетки проходят контроль на контрольных машинах, которые могут быть изготовлены самим заводом.

С целью повышения эффективности контроля фильтровых и микросеток были

разработаны контрольные столы с длиной поверхности равной 3 м и наличием нижнего подсвета, позволяющего обнаружить дефекты, незаметные и при рабочем освещении. При этом метод контроля остается неизменным и осуществляется путем визуального осмотра и измерения основных параметров сетки.

Оценка выявленных дефектов и измерение основных параметров сетки осуществляются следующими измерительными инструментами: текстильная лупа, лупа Бринеля, цифровой пятидесятикратный микроскоп (оптическая способность микроскопа может достигать до 200), мерительная линейка, рулетка, микрометр, прошедшие метрологическую поверку.

При разработке методики оценки качества металлической проволоки необходимо обозначить номенклатуру практических свойств проволоки. Подготовка проволоки перед процессом металлочащечества отличается, наличием таких операций, как волочение, отжиг и перемотка в катушки. Отсюда следует, что ведущими потребительскими свойствами для процесса металлочащечества признаются, стабильность размера по толщине и по прочности, а также отсутствие дефектов, табл. 1.

Испытуемым объектом решено признать нить из никеля НП-2, изготавливаемую по стандартам, утвержденным ГОСТ 492-73, используемую при производстве тканой сетки № 004, характеризующейся нормальной точностью и квадратным строением ячеек с полотняным переплетением в соответствии с ГОСТ 6613-86 [6].

Из вышеобозначенных характеристик становится возможным выявить значение ведущих информативных количественных показателей. Конкретно выделенное требование «неизменность параметров толщины на всем протяжении» может быть достигнуто путем регулирования свойства «толщина» следующими количественными характеристиками: средний диаметр (d_{cp}) и среднее квадратическое отклонение по диаметру (σ_d). С целью выполнения требования «высокая степень сопротивления к растяжениям и изгибам» выделены такие

характеристики, как прочность, деформация и жесткость. Для них установлены такие количественные показатели, разрывная нагрузка (P_p), среднее квадратическое отклонение по разрывной нагрузке (σ_p), относительное разрывное удлинение (Δl_p), показатель жесткости на растяжение (EF) и показатель жесткости на изгиб (EI). Числовые, а также кодированные обозначения указанных показателей указаны в табл. 2.

Исходя из количественных характеристик проволоки представленных в табл. 2, экспертным оцениванием [9] могут быть сформированы единые показатели качества (ЕПК) и произведена их порядковая сортировка на основании коэффициентов весомости. Экспертная комиссия состояла из специалистов в области производства

и проектирования тканых металлоконструкций. Экспертная комиссия состояла из 10 специалистов, с каждым из которых был произведен опрос, результаты которого подверглись статистическому анализу и реконфигурации данных, после чего были упорядочены в табл. 3 [9]. Стоит отметить, что коэффициент весомости α_i вычисляется математическим методом по формуле (1), а наиболее весомому показателю качества (ЕПР) присваивается ранг 1.

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^m (R_j)_i^{-1} / \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m (R_j)_i \right]^{-1}. \quad (1)$$

Количественные значения коэффициентов весомости единых показателей качества проволоки отражены в табл. 3.

Таблица 2

Количественные характеристики проволоки

Наименование показателя (свойство)	Количественный показатель	Обозначение		Единица измерения	Значения	
		Простое	Кодированное		Фактическое	Номинальное $\ X\ $
Толщина	Средний диаметр	d_{cp}	X_1	мм	0,03	$0,03 \pm 0,004$
	Среднее квадратическое отклонение по диаметру	σ_d	X_2	мм	0,002	0,002
Прочность	Разрывная нагрузка	P_p	X_3	Н	0,17	$0,18 \pm 0,02$
	Среднее квадратическое отклонение по разрывной нагрузке	σ_p	X_4	Н	0,01	0,02
Деформация	Относительное разрывное удлинение	Δl_p	X_5	%	9	10 ± 2
Жесткость	Показатель жесткости на растяжение	EF	X_6	Н	141,4	140 ± 10
	Показатель жесткости на изгиб	EI	X_7	Нмм ²	$7,95 \cdot 10^{-3}$	$(8 \pm 1) \cdot 10^{-3}$

Таблица 3

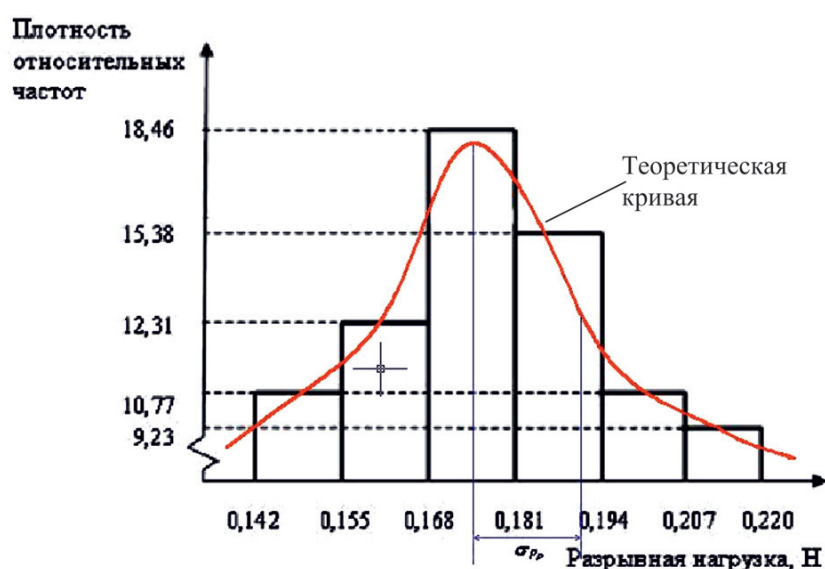
Количественные значения коэффициентов весомости ЕПК проволоки

ЕПК (X_i)	Ранги R_j , поставленные экспертами							$\sum_{j=1}^m (R_j)$	α_i
	1	2	3	4	5	6	7		
X_1	3	1	3	5	3	3	4	22	0,15
X_2	6	7	5	7	7	5	5	42	0,08
X_3	1	2	6	1	2	1	1	14	0,23
X_4	5	6	7	6	5	7	6	42	0,15
X_5	2	3	1	2	1	2	2	13	0,25
X_6	4	4	4	3	4	4	3	26	0,12
X_7	7	5	2	4	6	6	7	37	0,09

Таблица 4

Разрывная нагрузка при испытаниях никелевой проволоки марки НП-2 (ГОСТ 492-73)
для выработки сетки № 004 (ГОСТ 6613-86)

№ исп.	P _р , Н	№ исп.	P _р , Н	№ исп.	P _р , Н	№ исп.	P _р , Н	№ исп.	P _р , Н
1	0,166	11	0,154	21	0,162	31	0,142	41	0,170
2	0,158	12	0,170	22	0,173	32	0,162	42	0,183
3	0,182	13	0,180	23	0,153	33	0,166	43	0,175
4	0,191	14	0,200	24	0,162	34	0,212	44	0,215
5	0,183	15	0,218	25	0,144	35	0,220	45	0,188
6	0,183	16	0,155	26	0,190	36	0,160	46	0,178
7	0,186	17	0,158	27	0,188	37	0,216	47	0,180
8	0,172	18	0,152	28	0,202	38	0,208	48	0,176
9	0,178	19	0,169	29	0,204	39	0,205	49	0,168
10	0,148	20	0,202	30	0,188	40	0,198	50	0,192



Значения разрывной нагрузки полученные в результате испытаний
никелевой проволоки марки НП-2 (ГОСТ 492-73)

Следующий этап включал в себя формулирование нормативных значений единых показателей качества. По причине отсутствия таковых по ведущим показателям (таким, как разрывная нагрузка) появилась необходимость разработки методики их выявлению путем использования результатов экспериментальной деятельности. Данные необходимы также при нахождении технологической эффективности процесса металлочащения.

Базой для экспериментальных исследований являлась лаборатория кафедры материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии ИВГПУ и разрывная машина марки РМ-3 (Россия). Обработанные результаты экспериментов приведены в табл. 4. Для данного ЕПК было проведено

50 экспериментальных исследований. Результаты экспериментальных исследований для разрывной нагрузки проволоки указаны в табл. 4.

При выборке объемом $n = 50$, $X_{\min} = 0,142$, $X_{\max} = 0,220$; численное значение частных интервалов $k = \log_2 n \approx 6$; Частном интервале длиной $\Delta X = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k} = 0,013$. После

проведения испытаний по разрывной нагрузке никелевой проволоки марки НП-2 (ГОСТ 492-73) полученные результаты были реконфигурированы в гистограмму распределения, приведенную на рисунке.

Выборочные параметры распределения, произведенные эмпирическим способом исходя из значения разрывной нагрузки, будут находиться через метод произведений [10].

В результате получим: $a_0 = 0,1745$ – середина частного интервала с наибольшей частотой; $S_1 = 20$; $S_2 = 128$. Таким образом, средняя выборочная $\bar{X} = 0,179$; дисперсия $D_X = 0,0004$; среднее квадратическое отклонение $\sigma_X = 0,020$, коэффициент вариации $C_X = 11,19\%$. При помощи критерия согласия Пирсона становится возможна проверка гипотезы о нормальном распределении совокупности.

Таким образом, $\chi^2_{\text{эсп}} = 1,3939$. По таблице распределения [10] находим $\chi^2_{\text{табл}}(\alpha = 0,05; f = 3) = 7,8$. Значит, $\chi^2_{\text{эсп}} < \chi^2_{\text{табл}}$. Исходя из незначительности расхождения частот, полученных как теоретическим, так и экспериментальным путем, приходим к выводу, что экспериментальные данные по разрывной нагрузке по утку для никелевой проволоки марки НП-2 (ГОСТ 492-73) не противоречат гипотезе о нормальном распределении совокупности. Для текстильного и легкопромышленного производства надежность расчета принимается $P = 0,95$. При $\Phi(t) = 0,475$ в таблице функции Лапласа находим $t = 1,96$, и значения разрывной нагрузки попадают в интервал $(0,174; 0,185)$.

Основываясь на критерии согласия Пирсона, выведем теоретическую кривую в виде нормального распределения (рисунок). Отразим на ней точки перегиба до и после точки основного значения заданных параметров. В интервале $P_p \pm \sigma_{P_p}$ находим точки перегиба, ссылаясь на закон нормального распределения. Отсюда следует, что предельное значение разрывной нагрузки $\|P_p\|$ определяется из условия

$$\|P_p\| = \bar{P}_p + \sigma_{P_p}.$$

Таким образом нормативное значение для разрывной нагрузки никелевой проволоки марки НП-2 (ГОСТ 492-73) $\|P_p\| = 0,199$ Н.

На конечном этапе, с учетом арифметического метода усреднения, на основании выражения определим комплексный показатель качества (КПК) проволоки

$$\text{КПК} = \sum_{i=1}^n (q_x)_i \cdot \alpha_i,$$

где $(q_x)^n = x_i / \|X_i\| \leq 1$;

$(q_x)^n = \|X_i\| / x_i \leq 1$.

Воспользовавшись фактическим значением ЕПК, приведенном в табл. 2, определяем числовое значение КПК. По определенным нормативным значениям из выражения 2 получаем значение КПК $= 0,95 < 1$. Из относительной шкалы, данные для КПК $(0 \dots 1)$, которые могут позиционироваться в качестве

оценочной градации (например, «хорошее качество», «плохое качество»).

Выводы

С целью модернизации методов обозначения качества металлоткацкой продукции с условием соответствия, установленным требованиям, касающимся тенденции организации порядка обоснования качества, выявления частных показателей качества, регулирования их стандартных значений, выявления комплексного показателя качества, классифицирования качества по уровням были выполнены следующие задачи:

1. Сформулированы механизмы постоянной диагностики свойств проволоки выступающей входным продуктом и сетки выступающей выходным.

2. Сформулирован способ генерирования общего параметра качества изделия, создаваемого при волочении, отжиге и наматывании.

3. Сформулированы нормативы целостных качественных параметров.

4. Рекомендована методика вычисления значения целостного качественного параметра готового металлоткацкого изделия.

Список литературы

1. Белобрагин В.Я. Основы технического регулирования: учебное пособие. 2-е изд., исправленное и дополненное. М.: РИА «Стандарты и качество», 2008. 104 с.
2. Коробов Н.А. Развитие теории и практики построения методов измерения характеристик строения текстильных материалов с использованием современных информационных технологий: дис. ... докт. техн. наук. Москва, 2008. 364 с.
3. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. 398 с.
4. Металлургия // Оборонный комплекс научно-техническому прогрессу России. 2009. № 3. С. 98–121.
5. Тувин А.А., Гусев Б.Н., Кулида Н.А., Фомин Ю.Г., Целовальникова Н.В. Разработка компьютерного метода определения геометрических характеристик тканой металлической сетки. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 3 (369). С. 88–92.
6. ГОСТ 6613-86. Сетки проволоочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1986. 16 с.
7. ГОСТ 3187-76. Сетки проволоочные тканые фильтровые. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1976. 10 с.
8. Темнова Н.К. Модернизация текстильной отрасли. Кластерный подход. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011. № 1. С. 5–11.
9. Тувин А.А. Развитие научного и методического обеспечения процессов проектирования оборудования и технического контроля производства тканых металлических сеток: дис. ... докт. техн. наук. Иваново, 2012. 335 с.
10. Спирина М.С. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 2011. 352 с.