

УДК 621.771.252

Ершов С. В.¹, Самохвал В. М.¹, Антонов Ю. Г.², Мединский Г. А.²

¹ Днепропетровский государственный технический университет. Украина, г. Каменское

² ПАО «Днепропетровский металлургический комбинат имени Ф. Э. Дзержинского». Украина, г. Каменское

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ СТАНДАРТОВ К ТОЧНОСТИ КАТАНКИ

Рассмотрена динамика изменения требований национальных и международных стандартов к точности катанки. Показано, что точность катанки постоянно увеличивается, по мере расширения технических возможностей прокатного оборудования, что находит отражение в требованиях стандартов. Однако общей тенденцией является не ужесточение требований стандартов, а расширение диапазона изменения параметров, что обеспечивает широкие возможности производителям. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании новых проволочных станков и разработке стандартов предприятий, для обеспечения выпуска конкурентоспособной продукции.

Ключевые слова: стандарт; точность; технические условия; катанка; размеры; предельные отклонения; овальность.

Введение

Катанка всегда была и остается наиболее востребованным видом проката. В силу разнообразных областей применения изделий из катанки —

от мягких скрепок до высокопрочных канатов — изготавливаемая на металлургических предприятиях катанка имеет широкий диапазон изменения размеров, марок стали и механических свойств. При этом катанка остается полупродуктом, так

как предназначена, прежде всего, для последующей обработки.

Потребители катанки, стремясь повысить эффективность своих производственных процессов, постоянно повышают требования к этому виду сырья. Учитывая возрастающие требования потребителей, производители катанки вынуждены постоянно совершенствовать оборудование и технологические процессы для обеспечения конкурентоспособности своей продукции. Наиболее явно эта тенденция проявляется в отношении точности размеров катанки. Лидирующие производители катанки декларируют возможность изготовления катанки с предельными отклонениями менее $\pm 0,1$ мм. Например, фирма Danieli [1] предлагает высокоскоростную технологию изготовления катанки диаметром от 4,5 до 25 мм, в мотках массой до 3,5 т, с предельными отклонениями $\pm 0,075$ мм и овальностью до 50%.

Для достижения таких показателей точности, в дополнение к ставшим обычными десятиклетевым блокам с консольными валками, применяют различные инновационные технические решения. Например, редуционно-калибрующие блоки из двух—четырёх клетей с консольными валками [2], калибрующие блоки из трехвалковых или четырехвалковых клетей [3], клетки кассетного типа [4], системы автоматического регулирования [5].

Насколько же оправданы такие значительные инвестиции в разработку оборудования, технологий, их внедрение и как это отражено в действующих стандартах?

Цель

Целью данной работы является анализ тенденций изменения требований национальных и международных стандартов к наиболее распространённому виду проката — катанке.

Результаты

«Катанкой называют круглую сталь диаметром 5 — 9 мм, прокатываемую на проволочном стане и смотываемую в мотки. Согласно ГОСТ 2590-57, допускаемые отклонения по диаметру для катанки составляют $\pm 0,5$ мм» [6, с.220]. Однако, стандартом ГОСТ 2590-57 «Сталь горячекатаная круглая. Сортамент» предусмотрено два уровня точности катанки: обычная с предельными отклонениями диаметра (допусками) $+0,3-0,5$ мм и повышенная — от $+0,1$ до $-0,3$ мм (рис. 1). Допуски в $\pm 0,5$ мм приведены в примечаниях как «допускаемые». Такие особенности требований стандарта наглядно показывают стимулирующую роль стандарта к повышению точности прокатки, но «допускающего» производство продукции с показателями качества, возможными для имеющегося оборудования.

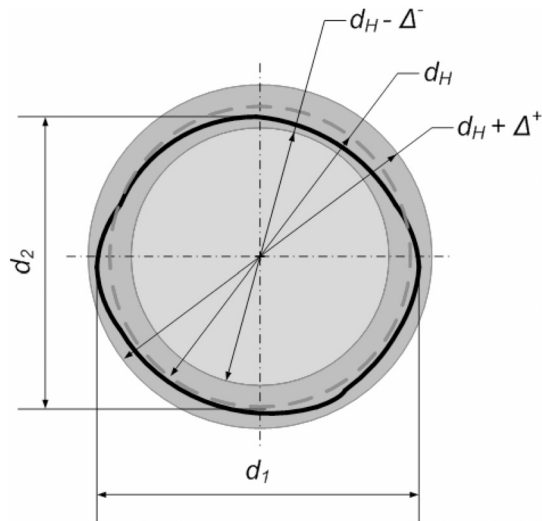


Рис. 1. Соотношения возможных и фактических размеров катанки:

d_H — номинальный диаметр катанки; Δ^- — минусовое предельное отклонение номинального диаметра; Δ^+ — плюсовое предельное отклонение номинального диаметра; $(\Delta^- + \Delta^+)$ — поле допуска; $(d_H - \Delta^-)$ — минимально допустимый диаметр; $(d_H + \Delta^+)$ — максимально допустимый диаметр; d_1, d_2 — фактические размеры катанки; $|d_1 - d_2|$ — овальность

Стандарт в редакции 1957 года предусматривал значения диаметров катанки 5; 5,6; 6; 6,3; 6,5; 7; 8; 9 мм. Этот стандарт пересматривался в 1971 и 1988 годах.

Начиная с редакции 1971 года размерный ряд катанки не изменялся, но введены три класса точности: А — высокая; Б — повышенная; В — обычная. Допускаемые отклонения соответственно указанным классам точности составляют: $+0,1-0,2$ мм; $+0,1-0,5$ мм; $+0,3-0,5$ мм. Отметим, что допуски для катанки обычной точности не изменились, для повышенной точности увеличили минусовое предельное отклонение, а дополнительно введенный класс «высокой» точности отражает техническую возможность производства на новых прокатных станах. Тем не менее, в примечаниях сохранены «допускаемые» отклонения $\pm 0,5$ мм с ограничением срока действия до 01.01.1992. Таким образом, требования ГОСТ 2590-88 отражают возросшие технические возможности прокатного оборудования к повышению точности катанки, но «допускают» для производителей ограниченные по времени поставки катанки низкой точности.

Следующая редакция этого же стандарта принята в 2006 году. В Украине этот стандарт получил статус национального с обозначением ДСТУ 4738: 2007 / ГОСТ 2590-2006 [7]. При этом, ДСТУ 4738: 2007 идентичен ГОСТ 2590-2006, но не идентичен EN 10060:2003, который регламентирует размеры и допуски для горячекатаных прутков.

Стандартом ДСТУ 4738: 2007 предусматривается введение четырех групп точности круглого проката, с разделением отдельных из них на подгруппы:

особо высокой — А01;
 высокой А1, А2, А3;
 повышенной В1;
 обычной В1, В2, В3, В4, В5.

Предельные отклонения диаметров для всех указанных размеров катанки, в зависимости от группы точности, установленные следующими:

А01 — по согласованию с заказчиком;
 А1: $+0,1/-0,2$ мм; А2: $\pm 0,15$ мм; А3: $+0,3$ мм;
 В1: $+0,1/-0,5$ мм;
 В1: $+0,3/-0,5$ мм; В2: $\pm 0,4$ мм; В3: $+0,8$ мм;
 В4: $+0,5$ мм; В5: $\pm 0,5$ мм.

Из анализа приведенных значений видно, что ранее существовавшие три уровня точности, регламентированные предыдущей версией стандарта, сохранены и дополнены группой «особо высокая точность», с полем допусков менее 0,3 мм. Деление на подгруппы позволяет производителям более гибко характеризовать свою продукцию. Например, катанка группы точности А с полем допуска в 0,3 мм может иметь отклонения в пределах $+0,1/-0,2$ мм (А1), симметричные отклонения $\pm 0,15$ мм (А2) или только положительные отклонения $+0,3$ мм (А3).

Обращает на себя внимание примечание: «Для проката диаметром до 9 мм включительно, изготавливаемого в мотках на станах, не оборудованных чистовыми блоками, допускаются предельные отклонения по диаметру не более $\pm 0,5$ мм (подгруппа точности В5)» [7]. Т. е., как и в редакции 1957 года, сохраняется возможность изготовления катанки с полем допусков в 1 мм. Следовательно, действующие стандарты не ужесточают требования, сохраняют возможность производить продукцию на имеющемся оборудовании, но обеспечивают большую градацию уровней точности для повышения конкурентоспособности продукции.

Этот вывод подтверждают и изменения требований к овальности катанки. Если в редакции 1988 года требования к овальности формулируются как «... не должна превышать 50% суммы предельных отклонений по диаметру», то действующая редакция 2006 года содержит требование «... не должна превышать 75% суммы предельных отклонений по диаметру». Но, по требованию потребителя овальность проката может быть установлена на уровне «не более 50% суммы предельных отклонений по диаметру».

Диаметр и овальность проката измеряют на расстоянии не менее 100 мм от конца прутка и не менее 1,5 м от конца мотка при его массе до 250 кг и на расстоянии не менее 3,0 м при массе мотка свыше 250 кг.

Как отмечалось ранее, рассматриваемый стандарт основан на ГОСТ 2590:2006 (идентичен) и EN 10060:2003 (не идентичен). Неидентичность ДСТУ 4738: 2007 европейской норме EN 10060:2003

проявляется в том, что в последней размеры и допуски катанки определяются согласно другого европейского стандарта — EN 10017 (Steel rod for drawing and/or cold rolling. Dimensions and tolerances). В редакции 2004 года EN 10017:2004 устанавливает для катанки диаметром от 5 до 9,5 мм единые предельные отклонения диаметра: не более $\pm 0,3$ мм; овальность до 80% поля допуска (0,48 мм).

Кроме сортаментного стандарта ДСТУ 4738: 2007/ГОСТ 2590-2006 технические требования к катанке, в зависимости от назначения, определяют стандарты:

ДСТУ 2770-94 (ГОСТ 30136-95, ISO 8457/1-89) [8];
 ДСТУ 3683-98 [9];
 ДСТУ ISO 16120-1:2009 [10];

Первые два стандарта содержат ссылки на ГОСТ 2590-88, т. е. точность катанки определяется сортаментным стандартом, который отменен. Очевидно, что изготовители катанки руководствуются требованиями действующего сортаментного стандарта в редакции 2006 года.

Согласно ДСТУ ISO 16120-1: 2009, введенному в действие в 2011 году, к катанке относят «прокат круглого, овального, квадратного, прямоугольного, шестигранного, полукруглого профиля или другого профиля, как правило, с номинальным размером не менее 5 мм, с гладкой поверхностью» [10]. Первая часть этого стандарта устанавливает общие требования к катанке из нелегированной стали для передела в проволоку и не распространяется на изделия, предназначенные для последующей термической обработки, высадки, прессования или катанку специального назначения. Стандарты серии ISO 16120 устанавливают новые обозначения продукции, с учетом обозначений сталей по стандартам ISO 4948-1 и ISO 4948-2, а уровень точности катанки устанавливают согласно требований ISO 16124. В Украине этот стандарт получил обозначение ДСТУ ISO 16124:2009 [11]. Согласно требований этого стандарта для круглого проката предусмотрены диаметры от 5 до 50 мм, с интервалом через 0,5 мм до диаметра 20 мм и далее через 1 мм. Предусмотрено три класса точности: обычная Т1; повышенная Т2; высокая Т3. Для катанки диаметром от 5 до 10 мм допуски на диаметр составляют:

Т1 — $\pm 0,3$ мм; Т2 — $\pm 0,25$ мм; Т3 — $\pm 0,15$ мм.

Уровень точности Т3 соответствует высокой точности А2 по ДСТУ 4738: 2007/ГОСТ 2590-2006, а уровень «обычной» точности Т1 — «повышенной» В1 (поле допусков 0,6 мм). Отметим, что для стандартов, датированных с разницей в три года, уровень обычной точности изменился с поля допусков 0,8 мм до 0,6 мм, а уровень высокой точности не изменился (рис. 2). При этом, стандарт ДСТУ ISO 16124:2009 не предусматривает возможности изготовления катанки с полем допуска 1,0 мм.

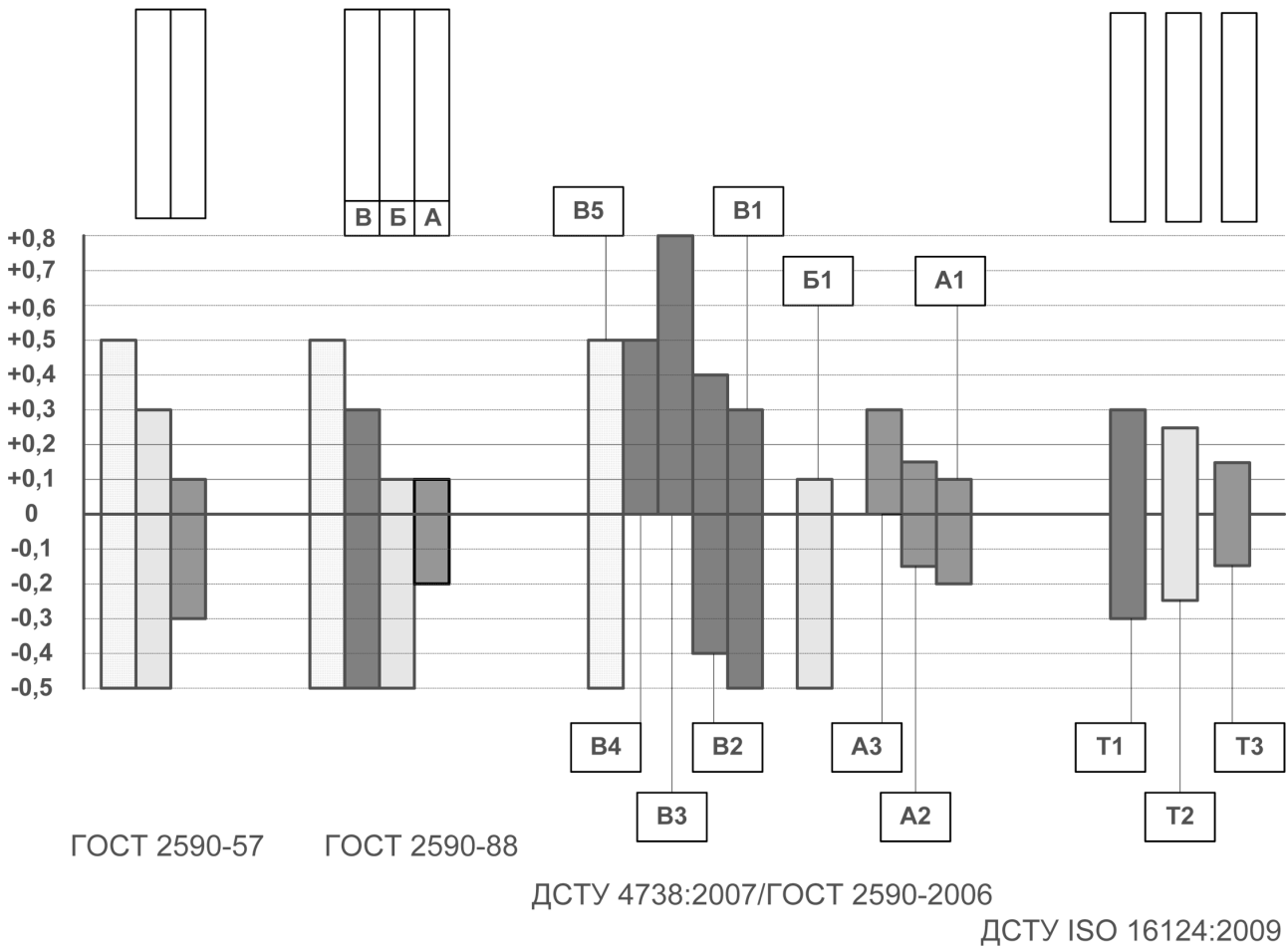


Рис. 2. Графическое представление предельных отклонений диаметра катанки, согласно требованиям различных стандартов

Допустимые значения овальности катанки, диаметром до 10 мм, в зависимости от класса точности, составляют:

Т1 — до 0,48 мм; Т2 — до 0,40 мм; Т3 — до 0,24 мм.

Т. е. овальность не должна превышать 80% поля допусков.

Из сравнения требований стандартов ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006 и ДСТУ ISO 16124:2009 следует, что их требования являются достаточно близкими, во всяком случае, не противоречат друг другу. Изменения требований к продукции в большей мере связаны не с пересмотром стандартов, а с общей унификацией обусловленной переходом на использование международных стандартов и изменением классификации сталей. При этом, вновь вводимые национальные стандарты, основанные на международных, не предусматривают обязательного ужесточения требований, но отражают общую тенденцию к повышению точности прокатки на современном оборудовании. А для такого показателя как овальность наблюдается даже расширение допускаемых значений.

Если ограничиться рассмотрением только максимального и минимального полей допусков для

диаметра катанки, начиная с 1957 года, то оказывается, что требования стандартов изменяются незначительно. Так максимальное поле допусков с 1957 года не изменилось и составляет 0,8 мм. При этом, стандарт ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006 остается действующим и в настоящее время. Но в дополнение к нему с 2011 года действует стандарт ДСТУ ISO 16424:2009, согласно требованиям которого, максимальное поле допусков уменьшено до 0,6 мм. Для катанки высокой точности минимальное поле допусков в 0,3 мм, согласно обоих действующих стандартов, сохраняется с 1971 года (рис. 3).

Катанка, изготавливаемая металлургическими предприятиями Украины на экспорт, в большинстве случаев изготавливается в соответствии со стандартом США ASTM A 510. Стандарт в редакции 2006 года (ASTM A 510m — 2006) охватывает общие требования к углеродистой стальной катанке и круглой проволоке однократного волочения без покрытия, в бунтах или правленной и рубленной на мерные длины. В стандарте приводится достаточно точное определение катанки [12]:

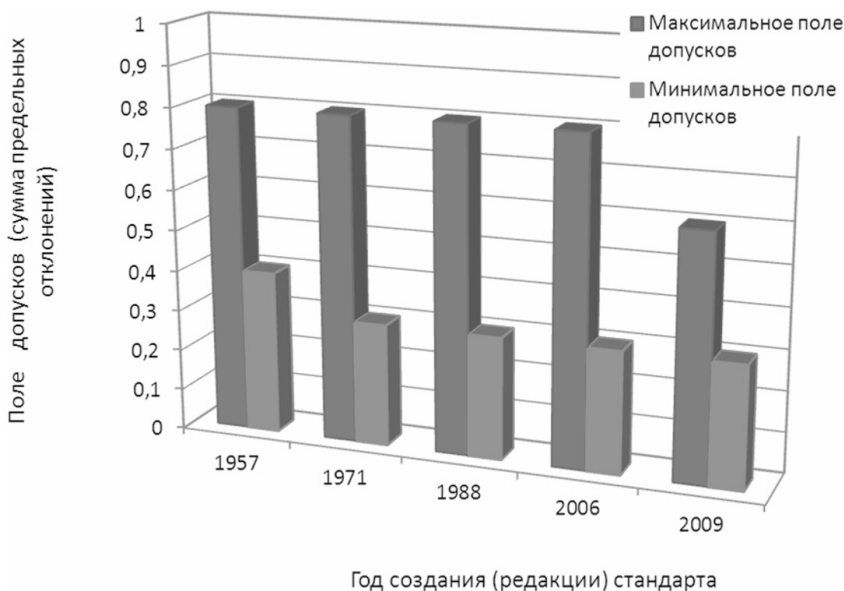


Рис. 3. Динамика изменения максимального и минимального полей допусков катанки

«Катанка – стержни, произведенные методом горячей прокатки из заготовки, имеющие приблизительно круглое поперечное сечение, и смотанные в бунты одной непрерывной длины. Катанка несовместима с сортовым прокатом, с точки зрения точности поперечного сечения или качества поверхности, поскольку, будучи полуфабрикатом, она, прежде всего, предназначена для изготовления проволоки».

Размеры катанки, в соответствии со стандартом А510, установлены следующие [12]:

5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0 и далее через 0,5 мм до диаметра 19 мм.

Предельные отклонения для всего указанного диапазона диаметров установлены одинаковыми: $\pm 0,4$ мм. Овальность не должна превышать 0,6 мм.

Согласно стандартам Японии JIS G 3502, JIS G 3505, JIS G 3506, JIS G 3507-1 катанку изготавливают следующих диаметров (в мм): 5,5; 6,0; 6,5; 7; 8; 9; 10 и далее до 20 мм [13]. К катанке в Японии относят прокат диаметром от 4,2 до 19 мм. А сортовой прокат в мотках поставляется с диаметром 52 мм включительно. Стандартом JIS G 3505: 2004 (Low carbon steel wire rods) не предусмотрено деление на группы точности. Регламентируются только предельные отклонения (поле допусков) из расчета 6–9% от номинального диаметра. Для катанки, по мере

увеличения диаметра, установлены симметричные поля допусков $\pm 0,25$; $\pm 0,3$; $\pm 0,4$ мм. Однако производители декларируют возможность изготовления катанки с предельными отклонениями $\pm 0,1$ мм, минимальным диаметром 4,2 мм и с градацией размеров через 0,1 мм [14, 15]. Овальность катанки не превышает половины поля допусков.

Сравнение требований национальных стандартов Украины, США и Японии к катанке показано на рис. 4.

Таким образом, стандарты других стран предусматривают достаточно широкие диапазоны изменения предельных значений параметров, но производители, внедряя собственные стандарты обеспечивают существенное превыше-

ние требований стандартов для обеспечения конкурентоспособности своей продукции. Например, производители катанки в Японии декларируют возможность поставки катанки с градацией диаметров через 0,1 мм, в то время как в стандарте указано изменение через 0,5 или 1,0 мм.

Выводы

Возросшие возможности современных технологий и оборудования по повышению точности нахо-

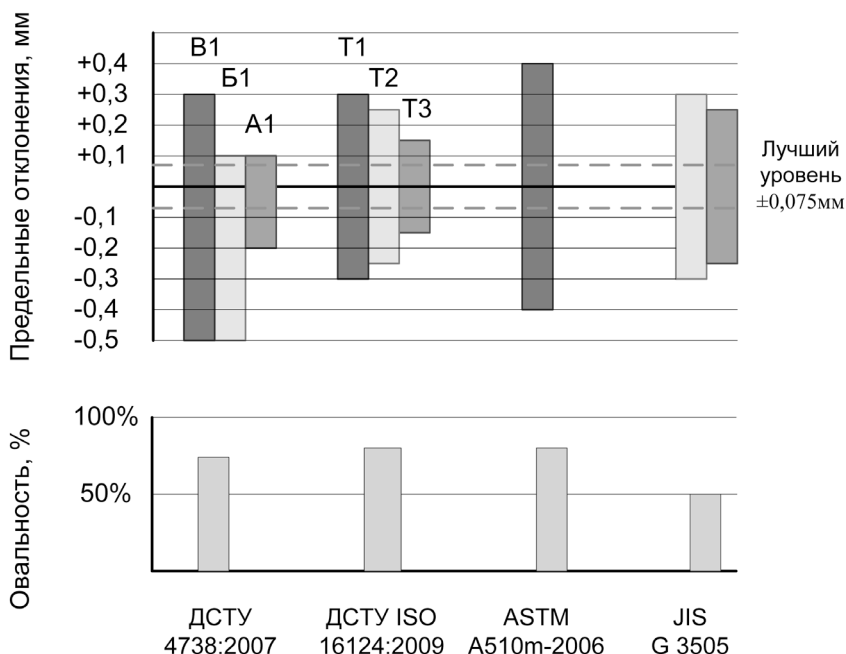


Рис. 4. Сравнение требований стандартов Украины, США и Японии к точности размеров катанки

дят отражение в стандартах на катанку в виде уменьшения предельных отклонений размеров, большей градации групп точности, и исключения значений, характерных для устаревших станков.

Вновь вводимые национальные стандарты не предусматривают обязательного ужесточения требований. В большинстве случаев предусматривается достаточно широкий диапазон изменения параметров или даже расширение допустимых значений, например для показателя овальности.

Характерной особенностью стандартизации в металлургии является переход на стандарты, основанные на международных, преимущественно европейские (евронормы) или международной организации стандартизации (ISO). При этом основные нововведения, обусловленные таким переходом, связаны с изменением классификации и обозначения сталей.

Для вновь вводимых сортаментных стандартов, и для большинства зарубежных, характерно использование симметричных полей допусков.

Стандарты большинства зарубежных стран предусматривают достаточно широкие диапазоны изменения предельных отклонений параметров, значительно превышающие технические возможности существующих технологий. Но производители катанки, внедряя собственные стандарты, обеспечивают существенное превышение требований стандартов для обеспечения конкурентоспособности своей продукции.

Литература

- [1] H³ – Wire Rod Mills / Bar-in-coil: Long products / Danieli. – Relies 310. – http://www.danieli.com/en/products/products-processes-and-technologies/direct-reduction-plant_26_4.htm
- [2] Morgan Rod Reducing/Sizing Mill. Setting the standard in rod rolling for unsurpassed productivity, tolerances and mechanical properties / Siemens-VAI. – 06.2013. – <http://www.industry.usa.siemens.com/data-pool/industry/industrysolutions/metals/simetal/en/Morgan-Rod-Reducing-Sizing-Mill-en.pdf>
- [3] Sakurai T. Development of High Dimensional Accuracy Smaller Diameter Wire Rods and Square Coils Manufactured by 4-Roll Mill / Tomoyasu Sakurai, Toshio Sakamoto, Ryo Takeda // KAWASAKI STEEL TECHNICAL REPORT No. 47 December 2002. – P. 42 – 47.
- [4] Zuccato M. Second generation of Bi-Support rolling stands / M. Zuccato, M. Tomba, A. Fontanini, N. Tomba // Metallurgical Plant and Technology International. – Vol. 36. – N 1. – February 2013. – P. 48 – 50. – <http://www.pertengineering.com/download/PERT%20BS%20Standards%20-%20MPT%20n%C2%B01,%202013.pdf>
- [5] Noguchi Y. Characteristics of Continuous Wire Rod Rolling and Precision Rolling System / Yukio Noguchi, Harutoshi Ogai, Kunihiko Okamura, et al. // Nippon Steel Technical Report. – July 1999. No 80. – P. 79 – 83. – <http://www.nssmc.com/en/tech/report/nsc/pdf/8016.pdf>
- [6] Чекмарев А. П. Калибровка прокатных валков : [Учебное пособие для вузов] / А. П. Чекмарев, М. С. Мутьев, Р. А. Машковцев. – М. : Металлургия, 1971. – 512 с.
- [7] ДСТУ 4738:2007 / ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент (EN 10060:2003, NEQ; ГОСТ 2590-2006, IDT) : – [Чинний від 2007-10-01]. – Київ : Держспоживстандарт. – 2008. – 28 с. – (Міждержавний стандарт).
- [8] ДСТУ 2770-94 (ГОСТ 30136-95, ISO 8457/1-89) Катанка з вуглецевої сталі звичайної якості. Технічні умови / – [Чинний від 1997-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1996. – 14 с. – (Міждержавний стандарт).
- [9] ДСТУ 3683-98. Катанка стальная канатная. Технические условия. – [Дата введения 1999-01-01]. – Киев : Госстандарт Украины. – 1998. – 12 с. – (Государственный стандарт Украины).
- [10] ДСТУ ISO 16120-1:2009 Катанка из нелегированной стали для передела в проволоку. Часть 1. Общие требования (ISO 16120-1:2001, IDT) : – [Чинний від 2011-07-01]. – Київ : Держспоживстандарт. – 2011. – 9 с. – (Національний стандарт України).
- [11] ДСТУ ISO 16124:2009 Катанка сталева. Розміри та допуски (ISO 16124:2004, IDT) : – [Чинний від 2011-07-01]. – Київ : Держспоживстандарт. – 2011. – 32 с. – (Національний стандарт України).
- [12] ASTM A510M-06 Standard Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Carbon Steel, and Alloy Steel. – 12 p.
- [13] JIS G 3505:2004 Low carbon steel wire rods. – STANDARD by Japanese Industrial Standard / Japanese Standards Association, 01/01/2004.
- [14] Seki R. Making to High Performance and Productivity Improvement of Steel Bar and Wire Rod Rolling Process / Ryuichi Seki, Koichi Hasegawa, Kenji Nakajima, Kohji Yoshimura // NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT No. 96 July 2007. – P. 21–28.
- [15] Steel bars and wire rods from JFE / JFE Steel Corporation. – <http://www.jfe-steel.co.jp/en/products/wirerods/catalog/h1e-001.pdf>

Yershov S. V.¹, Samokhval V. M.¹, Antonov Yu. G.², Medinsky G. A.²

¹ Dneprovsky State Technical University. Ukraine, Kamenskoje

² Dneprovsky Integrated Iron and Steel Works. Ukraine, Kamenskoje

TRENDS IN THE REQUIREMENTS OF STANDARDS TO THE ACCURACY WIRE ROD

The purpose of this paper is to analyze the trends of the requirements of national and international standards to the most popular type of rolled products – wire rod. The analysis of changes in standards of accuracy requirements wire rods since 1957. Requirements existing in Ukraine standards, which are based on European standards, compared with the regulatory requirements of similar US and Japanese documents. It is shown that the general trend in changing of requirements is not a tightening of technical parameters but in some cases the extension of the range of variation of parameters, which provides the wide opportunities for producers. The results can be used in the design of new wire mills and development standards enterprises, to provide competitive products.

Keywords: standard accuracy; specifications; wire rods; dimensions; tolerances; roundness.

References

- [1] H 3 – Wire Rod Mills / Bar-in-coil: Long products / Danieli. – Relies 310.
- [2] Morgan Rod Reducing/Sizing Mill. Setting the standard in rod rolling for unsurpassed productivity, tolerances and mechanical properties / Siemens-VAI. – 06.2013.
- [3] Sakurai T. Development of High Dimensional Accuracy Smaller Diameter Wire Rods and Square Coils Manufactured by 4-Roll Mill / Tomoyasu Sakurai, Toshio Sakamoto, Ryo Takeda // KAWASAKI STEEL TECHNICAL REPORT No. 47 December 2002. – P. 42 – 47.
- [4] Zuccato M. Second generation of Bi-Support rolling stands / M. Zuccato, M. Tomba, A. Fontanini, N. Tomba // Metallurgical Plant and Technology International. – Vol. 36. – N 1. – February 2013. – P. 48 – 50.
- [5] Noguchi Y. Characteristics of Continuous Wire Rod Rolling and Precision Rolling System / Yukio Noguchi, Harutoshi Ogai, Kunihiko Okamura, et al. // Nippon Steel Technical Report. – July 1999. No 80. – P. 79 – 83.
- [6] Chekmariov A. P. Roll design : [Textbook for high schools] / A. P. Chekmariov, M. S. Mutiev, R. A. Mashkovtcev. – M. : Metallurgy, 1971.
- [7] DSTU 4738:2007 / GOST 2590-2006 Profiles round of hot-rolled steel. Assortment (EN 10060:2003, NEQ; GOST 2590-2006, IDT) :. – [Issued 2007-10-01]. – Kyiv : Derzhspozhivstandart. – 2008.
- [8] DSTU 2770-94 (GOST 30136-95, ISO 8457/1-89) Rolled carbon steel of usual quality. Technical conditions / – [Issued 1997-01-01]. – Kyiv : Derzhspozhivstandart of Ukraine, 1996.
- [9] DSTU 3683-98. Rolled steel cable. Specifications. – [Issued 1999-01-01]. – Kyiv : Derzhspozhivstandart of Ukraine. – 1998. – 12 p. – (State Standard of Ukraine).
- [10] DSTU ISO 16120-1:2009 Non-alloy steel wire rod for conversion into wire. Part 1: General requirements (ISO 16120-1:2001, IDT) :. – [Issued 2011-07-01]. – Kyiv : Derzhspozhivstandart of Ukraine. – 2011.
- [11] DSTU ISO 16124:2009 Wire rod steel. Dimensions and tolerances (ISO 16124:2004, IDT):. – [Issued 2011-07-01]. – Kyiv : Derzhspozhivstandart of Ukraine. – 2011.
- [12] ASTM A510M-06 Standard Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Carbon Steel, and Alloy Steel.
- [13] JIS G 3505:2004 Low carbon steel wire rods. – STANDARD by Japanese Industrial Standard / Japanese Standards Association, 01/01/2004.
- [14] Seki R. Making to High Performance and Productivity Improvement of Steel Bar and Wire Rod Rolling Process / Ryuichi Seki, Koichi Hasegawa, Kenji Nakajima, Kohji Yoshimura // NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT No. 96 July 2007. – P. 21 – 28.
- [15] Steel bars and wire rods from JFE / JFE Steel Corporation. Information on – <http://www.jfe-steel.co.jp>.