

## Российские и европейские стали для металлических сварных конструкций

П. А. Малинен<sup>1</sup>  
О. В. Казачков  
Б. Н. Ягнюк

*Петрозаводский государственный университет*

### АННОТАЦИЯ

Статья посвящена сравнительному анализу современных сталей для металлических сварных конструкций, широко используемых на территории России, стран Евросоюза, путем сравнения их по химическому составу и механическим свойствам по стандартам EN10025, EN10113, ГОСТ 27772. Приведены таблицы отечественных сталей с подбором аналогов зарубежных сталей.

**Ключевые слова:** сталь, металлические конструкции, прокат, структура.

### SUMMARY

The article is devoted to the comparative analysis of modern steel materials used for welding steel structures and widely applied in Russia and European countries. They are compared by their chemical composition and mechanical properties according to standards EN 110025, EN 10113, GOST 27772 and specifications.

**Keywords:** steel, welding structure, standard.

В производстве лесных машин и навесного оборудования широко применяются стали, предназначенные для металлических сварных конструкций. Например, в трелевочном тракторе - это рама, кронштейн крепления кабины к раме, каркас кабины, несущие детали манипулятора и т.п.

Отечественные стали для строительных металлических конструкций регламентируются ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия». Он распространяется на листовую, широкополосный универсальный, фасонный (уголки, двутавры, швеллеры), сортовой прокат и гнутые профили из углеродистых и низколегированных сталей для стальных конструкций со сварными и другими соединениями.

Общеввропейские стали для сварных конструкций регламентируются стандартом EN 10025 (Hot rolled products of non-alloy structural steels. Technical delivery conditions). Стандарт определяет требования к горя-

чекатаным нелегированным сталям обычного качества и качественным, поставляемым в виде листового и длинномерного проката. Поставляемые по стандарту стали предназначены для использования в сварных, болтовых и клёпаных конструкциях при климатических температурах. Термическая обработка для этих сталей не предусмотрена, не считая поставки в нормализованном состоянии (N). Отпуск для снятия внутренних напряжений допускается.

Кроме этого, для металлоконструкций применяются свариваемые мелкозернистые стали, поставляемые по стандарту EN 10113 (части 1, 2, 3). Этот европейский стандарт определяет требования к прокату из качественных и специальных мелкозернистых свариваемых сталей. Эти стали, по сравнению с обычными нелегированными сталями, поставляемыми по стандарту EN 10025, имеют более высокие показатели прочности (Re, Rm), пластичности ( $\delta$ ), ударной вязкости (KCV) и более низкую температуру перехода в хрупкое состояние ( $t_{xp}$ ).

Отличие отечественных высокопрочных сталей от европейских сталей заключается в основном в том, что в российских стандартах широко предусматривается использование низколегированных сталей (09Г2С, 10Г2С1Д, 10ХСНД и др.), тогда как в обще-европейских стандартах системы EN регламентируются высокопрочные низкоуглеродистые стали, у которых соответствующие механические свойства создаются за счет измельчения зерна и микролегирования низкоуглеродистых сталей. В связи с создавшейся дефицитностью основного легирующего элемента, применяемого в отечественном прокате повышенной прочности, предназначенном для сварных конструкций, а именно марганца (стали 09Г2, 10Г2С1, 12Г2С и др.), в последние годы разрабатываются металлургическими комбинатами страны микролегированные низкоуглеродистые стали на базе марки Ст3, которые имеют повышенную прочность и хладостойкость и могут применяться взамен марганцовистых сталей. Эти стали не вошли в ГОСТ 27772-88, а поставляются по разработанным металлургическими комбинатами техническим условиям, например [2, 3, 4].

Европейский стандарт EN 10113 определяет общие требования к мелкозернистым сталям повышенной категории качества. В части 2 этого стандарта даны марки и классы качества нормализованных сталей (N) и условия их поставки; в части 3 - соответственно то же для сталей, подвергнутых термомеханической обработке (M). Механические свойства сталей по стандарту EN 10113 приведены в таблице 3.

Эти стали специально предназначены для производства тяжело нагруженных частей в таких конструкциях, как мосты, затворы шлюзов, складские хранилища, водонапорные башни и т.д. Указанные части конструкций работают при климатических или более низких отрицательных температурах.

<sup>1</sup> Авторы – соответственно доценты кафедры технологии металлов и ремонта и доцент кафедры архитектуры, строительных конструкций и геотехники

Специальные атмосферостойкие стали поставляются по европейскому стандарту EN 10155, а улучшаемые (закалка и высокий отпуск) мелкозернистые стали будут поставляться по стандарту pr EN 10149.

В отечественных строительных сталях по ГОСТ 27772 буквенные символы обозначают: С - сталь строительная; К - вариант химического состава; Т - термическое упрочнение; цифра - предел текучести в МПа.

Величина предела текучести (Re) положена в основу классификации как основная расчетная и эксплуатационная характеристика проката для стальных конструкций. Она находится в корреляции с пределом прочности (Rm).

В большинстве зарубежных национальных стандартов в марке стали приводится значение минимального предела прочности Rm (например DIN 17100, SFS-200 и т.п.). Аналогично и в международном стандарте ISO 630.

В новых стандартах Европейского Союза системы EN, как и в российском ГОСТ 27772, в марке стали приводится значение предела текучести Re. Поэтому базой для сравнения отечественных сталей и сталей-аналогов по общеевропейским стандартам прием значение предела текучести Re.

Важнейшим эксплуатационным свойством сталей является сопротивление хрупкому разрушению, определяемое при сериальных испытаниях на ударный изгиб образцов размером 10x10x55 мм при понижающихся температурах испытания. В стандартах на металлопродукцию представлены гарантированные величины ударной вязкости (KCU, KCV) - ГОСТ 27772 или работы разрушения (KV) - стандарты EN. Гарантированное значение работы разрушения при определенных температурах испытания на ударный изгиб обозначают символами, приведенными в табл. 1. Если сталь прошла нормализацию у изготовителя, в том числе и нормализацию с прокатного нагрева, то в марке стали ставят обозначение N, если сталь подвергнута термомеханической обработке - обозначение M, прочие гарантируемые свойства обозначают буквой G, дополненной при необходимости цифрами 1, 2 или 3, 4. Качество малоуглеродистых сталей существенно зависит от степени раскисления. В отечественных стандартах раскисление обозначается строчными буквами в конце марки: кп - кипящая сталь, пс - полуспокойная сталь, сп - спокойная сталь.

В европейских стандартах обозначение способа раскисления стали дается в конце марки буквами: FU - нераскисленная сталь (кипящая); FF - раскисленная сталь (спокойная).

В массовых малоуглеродистых сталях степень раскисления является важным классификационным признаком.

В настоящем исследовании рассмотрены классы строительных конструкционных сталей по стандартам EN10025 и EN10113 и показано соответствие и отличие их от отечественных сталей для строительных конструкций, поставляемых по ГОСТ 27772:

- по химическому составу;
- по показателям прочности и пластичности;
- по ударной вязкости.

Таблица 1  
Обозначение гарантированной вязкости в наименовании сталей

27J	40J	60J	°C
JR	KR	LR	20
JO	KO	LO	0
J2	K2	L2	-20
J3	K3	L3	-30
J4	K4	L4	-40
J5	K5	L5	-50
J6	K6	L6	-60

Для ряда марок отечественных сталей по ГОСТ 27772 выбраны аналоги зарубежных сталей по стандартам системы EN (табл. 2).

Выполненное сопоставление отечественных и зарубежных сталей для металлоконструкций показывает, что в целом уровень механических свойств сталей-аналогов довольно близок, отличия практически не дают существенных отличий в надежности и работоспособности металлоконструкций. В российских и европейских стандартах есть различия, связанные с металлургической технологией, обеспечивающей формирование механических свойств стальной продукции. В стандартах технологические способы не раскрываются, гарантии по регламентируемым параметрам, часто приводимые только в случаях, когда соответствующие требования оговорены в заказе на металлопродукцию, носят как бы рекламный характер. Сказанное прежде всего относится к зарубежной технической документации. В отечественной научной литературе более подробно излагаются идеи упрочнения сталей и технологические пути их решения, например, при производстве высокопрочных нелегированных. Из публикации видно, что отечественная металлургия практически освоила производство нелегированных высокопрочных углеродистых сталей на уровне, регламентируемом стандартами системы EN. Важным показателем надежности сталей отечественного производства является указанная в ГОСТах величина ударной вязкости после деформационного старения. Гарантии по ударной вязкости в состоянии

— деформационного старения являются преимуществом отечественных стандартов по сравнению с европейскими стандартами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТУ 14-104-133-92 «Прокат повышенной прочности для строительных стальных конструкций».
2. ТУ 14-1-5143-92 «Прокат листовой и рулонный повышенной прочности».
3. ТУ 14-105-554-92 «Листовой прокат повышенной прочности и хладноломкости».
4. ТУ 14-1-5255-94 «Прокат фасонный и толстолистовой повышенной прочности для строительных конструкций».
5. ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия».
6. ГОСТ 19281-89 «Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия».
7. EN 10025 «Hot rolled product of non-alloy structural quality and special steels. Technical delivery conditions».
8. EN 10113 «Hot rolled weldable fine grain structural quality and special steels. Technical delivery conditions».
9. EN 10027-1 «Designation systems for steels. Part 1: Steel names principal symbols».

Таблица 2

Механические свойства российских и европейских сталей-аналогов

N п/п	Марка стали	Термическая обработка	Размер, мм	Механические свойства			
				Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость (KCU, KCV), Дж/см <sup>2</sup> / Работа разрушения (KV), Дж
1	2	3	4	5	6	7	8
1	C235 S235JR		4 - 20 21 - 40 <16 16 - 40	235 225 235 225	360 360 360 360	26 26 21 21	KV <sup>+20</sup> ≥ 27
2	C245 S235J0		4 - 10 11 - 20 21 - 40 <16 16 - 40	245 245 235 235 225	370 370 370 360 360	25 25 24 26 24	KV <sup>0</sup> ≥ 27
3	C225 S235J2G3		4 - 10 11 - 20 21 - 40 <16 16 - 40	255 245 235 235 225	380 370 370 340 - 470 340 - 470	25 25 24 26 25	KCU <sup>+20</sup> ≥ 29 KCU <sup>+20</sup> ≥ 29 KCU <sup>+20</sup> ≥ 29 KV <sup>-20</sup> ≥ 27
4	C275 S275JR		4 - 10 11 - 20 <16 16 - 40	275 265 275 265	380 370 430 - 580 430 - 580	24 23 22 22	KV <sup>+20</sup> ≥ 27
5	C285 S275J2G3		4 - 10 11 - 20 <16 16 - 40	285 275 275 265	400 390 430 - 580 430 - 580	24 23 22 22	KCU <sup>-20</sup> ≥ 29 KV <sup>-20</sup> ≥ 27
6	C345 - 1 S355K2G3		4 - 10 11 - 20 21 - 40 <16 16 - 40	345 325 305 355 345	490 470 460 490 - 630 490 - 630	21 21 21 22 22	KCU <sup>-40</sup> ≥ 34 KCU <sup>-40</sup> ≥ 34 KCU <sup>-40</sup> ≥ 34 KV <sup>-20</sup> ≥ 40 KV <sup>-20</sup> ≥ 40
7	C345 - 2 S355NL	нормализация  нормализация	5 - 10 11 - 20 21 - 40 <16 16 - 40 41 - 63	345 325 305 355 345 335	490 470 460 630 630 630	21 21 21 22 22 22	KCU <sup>-70</sup> ≥ 34 KCU <sup>-70</sup> ≥ 29 KCU <sup>-70</sup> ≥ 29 KV <sup>-50</sup> ≥ 27 KV <sup>-20</sup> ≥ 47 KV <sup>+20</sup> ≥ 63

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
8	C375 - 2  S355ML	термомеханическая обработка	4 - 10	375	510	20	KCU <sup>-40</sup> ≥ 39 KCU <sup>-40</sup> ≥ 34 KCU <sup>-40</sup> ≥ 34 KV <sup>-50</sup> ≥ 27 KV <sup>-20</sup> ≥ 47 KV <sup>+20</sup> ≥ 63
			11 - 20	355	490	20	
			21 - 40	335	480	20	
			<16	355	450 - 610	22	
9	C390 C390K  S420NL	закалка с отпуском или нормализация	4 - 50	390	540	20	KCU <sup>-70</sup> ≥ 29 KCU <sup>-70</sup> ≥ 29  KV <sup>-50</sup> ≥ 27 KV <sup>-20</sup> ≥ 47 KV <sup>+20</sup> ≥ 63
			4 - 30	390	540	19	
			<16	420	680	19	
			16 - 40	400	680	19	
10	C440  S460N	закалка и отпуск или нормализация	3 - 30	440	590	20	KCU <sup>-70</sup> ≥ 29 KCU <sup>-70</sup> ≥ 29 KV <sup>-20</sup> ≥ 40 KV <sup>+20</sup> ≥ 55
			31 - 50	410	570	20	
			<16	460	550 - 720	19	
			16 - 40	440	550 - 720	19	
11	C590 C590K  S460NL S460ML	нормализация термомеханическая обработка	10 - 36	590	685	14	KCU <sup>-40</sup> ≥ 34 KCU <sup>-70</sup> ≥ 29 KV <sup>-50</sup> ≥ 27 KV <sup>-20</sup> ≥ 47 KV <sup>+20</sup> ≥ 63
			10 - 40	590	685	14	
			<16	460	550 - 720	17	
			16 - 40	440	550 - 720	17	
			40 - 63	430	550 - 720	17	

Таблица 3

Механические свойства  
нормализованных и термомеханически прокатанных сталей  
при комнатной температуре

Марка стали по EN10027-1 и ECIS IC10	Предел прочности R <sub>m</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , при толщине, мм		Минимальное значение верхнего предела текучести R <sub>e</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , при номинальной толщине, мм						δ, % min
	100	>100 ≤150	≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤150	
S275N, S275NL	370...510...	350...480	275	265	255	245	235	225	24
S355N, S355NL	470...630	450...600	355	345	335	325	315	295	22
S420N, S420NL	520...680	500...660	420	400	390	370	360	340	19
S460N, S460NL	550...720		460	440	430	410	400		17
S275M, S275ML	370...510...		275	265	255	245			24
S355M, S355ML	470...630		355	345	335	325			22
S420M, S420ML	520...680		420	400	390	370			19
S460M, S460ML	550...720		460	440	430	410			17





