

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2023-35-74-78>

## ВЗАИМОСВЯЗЬ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОННЫХ ОТЛИВОК И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТАЛИ 20ГЛ

*Богданов Р.А.*

*Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия*

**Ключевые слова:** сталь 20ГЛ, балка надрессорная, рама боковая, статистический анализ, ударная вязкость, электродуговая печь.

**Аннотация.** Проработан и объяснен статистический анализ электродуговых плавок за весь период 2020 г по воздействию на разнохарактерные результаты ударной вязкости KCV<sub>-60</sub> с учетом различных химических компонентов, находящихся в низколегированной литейной стали 20ГЛ, используемой для ответственных грузовых вагонных отливок: «Рама боковая» и «Балка надрессорная».

## THE RELATIONSHIP BETWEEN THE IMPACT STRENGTH OF FREIGHT CAR CASTINGS AND THE CHEMICAL COMPOSITION OF STEEL 20GL

*Bogdanov R.A.*

*Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia*

**Keywords:** steel 20GL, spring beam, side frame, statistical analysis, impact strength, electric arc furnace.

**Abstract.** The worked out and explained statistical analysis of electric arc melting for the entire period of 2020 on the impact on the different results of the impact strength of KCV-60 has been worked out and explained, taking into account the various chemical components contained in the low-alloy casting steel 20GL used for responsible freight car castings: "Side frame" and "Spring beam".

### Введение

Многие десятилетия одним из ведущих предприятием АО «ПО «Бежицкая сталь» изготавливаются для тележек грузовых вагонов такие ответственные отливки как «Рама боковая» и «Балка надрессорная» из стали 20ГЛ, выплавляемой в электродуговых печах ёмкостью 15 тонн.

Повышенные циклические нагрузки, уровень безопасности движения, экономические показатели перевозочного процесса с учетом величин межремонтных пробегов во многом определяет эксплуатационную надежность тележек грузовых вагонов, особенно несущих отливок «Рама боковая» и «Балка надрессорная» в различных условиях, не исключая и Север России.

Согласно действующему на предприятии АО «ПО «Бежицкая сталь» ГОСТу 32400-2013 такие отливки как «Рама боковая» и «Балка надрессорная» принимаются заказчиками, в частности представителями ОАО «РЖД», с результатами ударной вязкости  $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup> при низких температурах (до – 60°C).

Для понимания и выявления соотношений между различными результатами ударной вязкости KCV<sub>-60</sub> и количеством электродуговых плавок за весь период 2020 г создали по методике [1, с. 45] график (рис. 1). Данный

график демонстрирует общее количество (910 плавков), из которых 94 (10,33%) плавки имеют место с результатами  $KCV_{60} < 2,0 \cdot 10^2 \text{ кДж/м}^2$ .

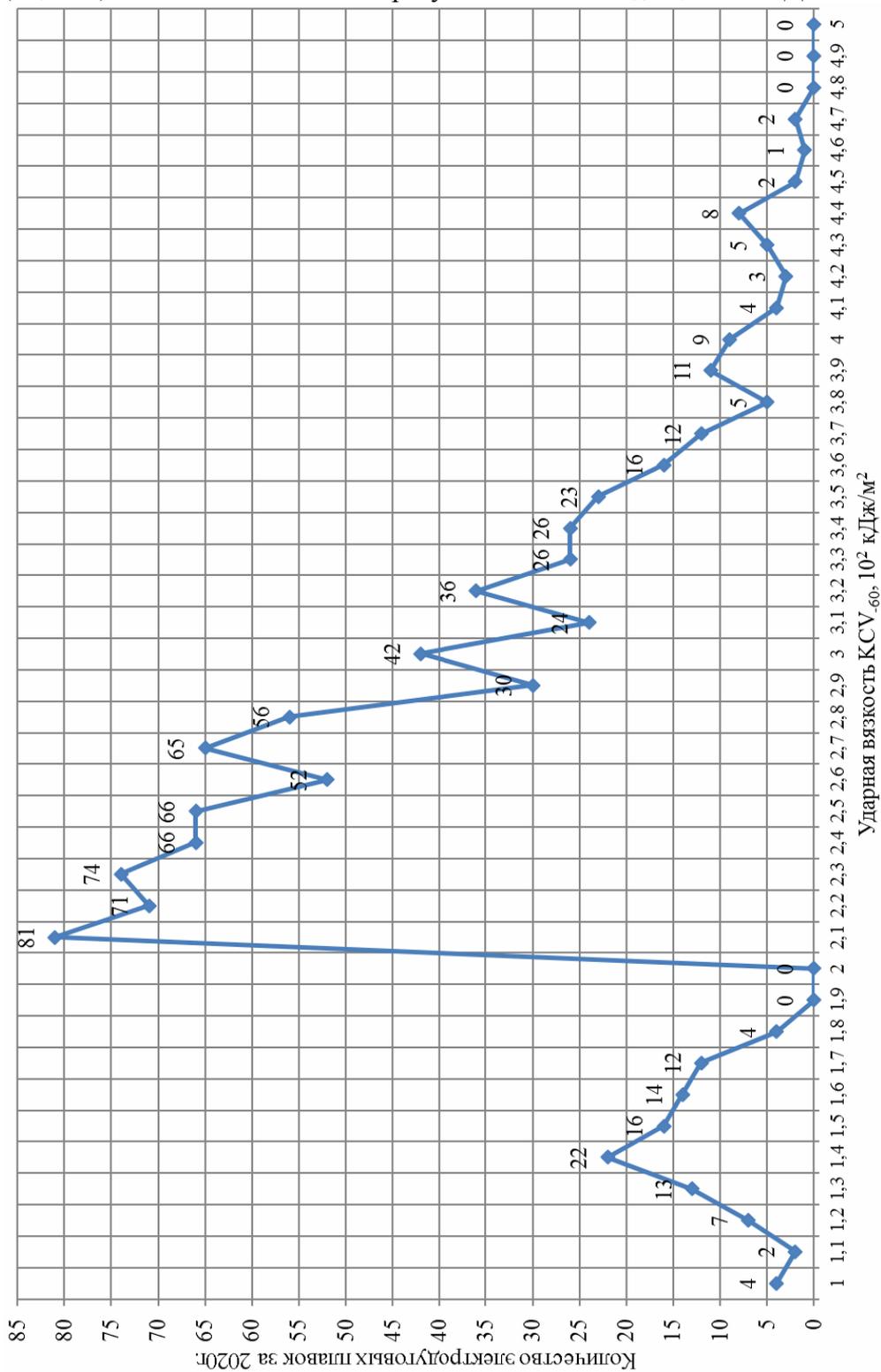


Рис. 1. График зависимости между одинаковыми значениями ударной вязкостью стали 20ГЛ и количеством электродуговых плавков

Неоднозначную роль на результаты ударной вязкости  $KCV_{-60}$  оказывает не только микроструктура зерна [2, с. 45], неметаллические включения [3, с. 30], модифицирование [4, с. 295], технология выплавки, но и нестабильный химический состав низколегированной стали 20ГЛ [5, с. 155].

Цель работы – выявление четкой и прозрачной связи между химическим составом низколегированной стали 20ГЛ и устойчивыми результатами ударной вязкости  $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup> для таких ответственных отливок как «Рама боковая» и «Балка надрессорная».

### Методика проведения исследований

Анализатором немецкой фирмы Spectro Analytical Instruments GmbH модели "СПЕКТРОМАХх" фиксировали количество химических элементов в низколегированной стали 20ГЛ.

Согласно ГОСТ 9454–78 определяли ударную вязкость на маятниковом копре "PSd 450-2" (WPM Leipzig GmbH) с V-образным надрезом при низких температурах.

Поиск решения в оптимальном химическом составе низколегированной стали 20ГЛ с увязкой различных результатов ударной вязкости  $KCV_{-60}$  электродуговых плавок за весь период 2020 г устанавливали программой Microsoft Excel 2016 г.

Согласно ГОСТу 32400 – 2013 сталь 20ГЛ имеет следующий химический состав, %: С = 0,17...0,25; Mn = 1,10...1,40; Si = 0,3...0,5; не более S < 0,02; P < 0,02; Cr < 0,3; Ni < 0,3; Cu < 0,6; Al = 0,02...0,06.

### Результаты исследований и их обсуждение

Проанализировано раздельное влияние S и P (табл. 1-2), показывающее неплохие результаты ударной вязкости  $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup> обеспечиваются с электродуговых плавок при всевозможном варианте концентрации S и P, но вкуче с концентрацией в определенных пределах  $C \leq 0,2\%$  и  $Mn > 1,2\%$ .

Табл. 1. Сводная таблица электродуговых плавок за весь 2020 г

№	C≤0,2; Mn>1,2 P≤0,02		C≤0,2; Mn≤1,2 P≤0,02		C>0,2; Mn>1,2 P≤0,02		C>0,2; Mn≤1,2 P≤0,02	
	KCV≤2,0 10 <sup>2</sup> кДж/м <sup>2</sup>	KCV>2,0 10 <sup>2</sup> кДж/м <sup>2</sup>						
S≤0,02	14	284	35	242	14	105	17	100
S>0,02	3	18	7	8	0	7	1	6

Табл. 2. Сводная таблица электродуговых плавок за весь 2020 г

№	C≤0,2; Mn>1,2 P>0,02		C≤0,2; Mn≤1,2 P>0,02		C>0,2; Mn>1,2 P>0,02		C>0,2; Mn≤1,2 P>0,02	
	KCV≤2,0 10 <sup>2</sup> кДж/м <sup>2</sup>	KCV>2,0 10 <sup>2</sup> кДж/м <sup>2</sup>						
S≤0,02	1	17	0	11	2	6	2	2
S>0,02	0	5	0	1	0	2	0	0

Сочетание концентрации на верхних диапазонах  $Mn > 1,2\%$  и  $Al > 0,04$  и на нижнем диапазоне  $C \leq 0,2\%$  (табл. 3) позволяет получать ударную вязкость  $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup>.

Интересный фактор имеет место для ударной вязкости  $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup> электродуговых плавок при концентрации  $C \leq 0,2\%$  на нижних и  $Mn > 1,2\%$  на верхних диапазонах в сочетании с суммарной концентрации как  $(S+P) \leq 0,04\%$  (табл. 3), так и  $(S+P) > 0,04\%$ , что объясняется двояким участием сульфидов в процессе разрушения [5, с.196].

Независимо от концентрации  $C$  и  $Mn$  подавляющее большинство удовлетворительных значений  $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup> получается при содержании  $Cr > 0,12\%$  (табл. 3).

Сочетание концентрации на нижних диапазонах  $C \leq 0,2\%$  и  $Ti \leq 0,003\%$  вкпе с концентрацией на верхнем диапазоне  $Mn > 1,2\%$  (табл. 3) позволяет получать ударную вязкость  $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup>.

Различная концентрация  $Si$  в электродуговых плавках согласно ГОСТ 32400-2013 вкпе с  $C \leq 0,2\%$  на нижних и  $Mn > 1,2\%$  на верхних диапазонах (табл. 3) никак не повлияло на показатели ударной вязкости  $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup>.

Более положительный эффект оказывает влияние на верхних диапазонах сопутствующих элементов  $Ni > 0,12$  и  $Cu \geq 0,12$  вкпе по максимуму  $C > 0,2\%$  и различного  $Mn$  на ударную вязкость  $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup> (табл. 3).

Табл. 3. Сводная таблица электродуговых плавок за весь 2020 г

Элемент, %	$C \leq 0,2\%; Mn > 1,2\%$		$C \leq 0,2\%; Mn \leq 1,2\%$		$C > 0,2\%; Mn > 1,2\%$		$C > 0,2\%; Mn \leq 1,2\%$	
	$KCV \leq 2,0$ $10^2$ кДж/м <sup>2</sup>	$KCV > 2,0$ $10^2$ кДж/м <sup>2</sup>	$KCV \leq 2,0$ $10^2$ кДж/м <sup>2</sup>	$KCV > 2,0$ $10^2$ кДж/м <sup>2</sup>	$KCV \leq 2,0$ $10^2$ кДж/м <sup>2</sup>	$KCV > 2,0$ $10^2$ кДж/м <sup>2</sup>	$KCV \leq 2,0$ $10^2$ кДж/м <sup>2</sup>	$KCV > 2,0$ $10^2$ кДж/м <sup>2</sup>
$Si < 0,4$	14	225	38	242	8	76	20	100
$Si \geq 0,4$	5	106	3	15	7	42	1	8
$(S+P) \leq 0,04$	18	312	41	259	16	116	18	106
$(S+P) > 0,04$	0	12	1	3	0	4	2	2
$Cr \leq 0,12$	6	75	11	65	5	29	8	37
$Cr > 0,12$	13	256	30	192	10	89	13	71
$Ni \leq 0,12$	18	309	41	228	14	113	20	106
$Ni > 0,12$	1	22	0	29	1	5	1	2
$Cu < 0,12$	17	277	39	226	14	109	19	93
$Cu \geq 0,12$	1	47	3	36	2	11	1	15
$Ti \leq 0,003$	18	323	42	262	16	120	19	108
$Ti > 0,003$	0	1	0	0	0	0	1	0
$Al \leq 0,04$	5	86	18	128	4	33	8	56
$Al > 0,04$	14	245	23	129	11	85	13	52

## Выводы

Проанализировав статистику электродуговых плавок за весь период 2020 г, возможен вариант уменьшения количества брака по низким результатам ударной вязкости  $KCV_{-60} < 2,0 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup> с учётом оптимального подбора

химического состава низколегированной стали 20ГЛ: минимум концентрации – С, S, P, и Ti; максимум концентрации – Mn, Si, Cr, Ni, Cu и Al.

### Список литературы

1. Цой Б., Лаврентьев В.В. Основы создания материалов со сверхвысокими физическими характеристиками / Под ред. Э.М. Карташова, В.В. Шевелева. – М.: Энергоатомиздат, 2004. – 400 с.
2. Богданов Р.А., Маркова Ю.М. Влияние компонентов и твердости микроструктуры стали 20ГЛ на ударную вязкость вагонных отливок // Черные металлы. – 2021. – № 5. – С. 44-48.
3. Bogdanov R.A. Non-metallic inclusions as an indicator of the impact toughness of carriage castings from steel 20GL // Черные металлы. – 2022. – № 2. – С. 29-35.
4. Богданов Р.А. Влияние модифицирования на ударную вязкость ответственных вагонных отливок из стали 20ГЛ // Заготовительные производства в машиностроении. – 2021. – Т. 19, № 7. – С. 291-297.
5. Солнцев Ю.П. Хладостойкие стали и сплавы: учебник для вузов. – СПб.: Химиздат, 2017. – 476 с.

### References

1. Tsoi B., Lavrentiev V.V. Fundamentals of creating materials with ultra-high physical characteristics / Edited by E.M. Kartashov, V.V. Shevelev. – M.: Energoatomizdat, 2004. – 400 p.
2. Bogdanov R.A., Markova Yu.M. The influence of components and hardness of the microstructure of 20GL steel on the impact strength of wagon castings // Ferrous Metals. 2021, no. 5, pp. 44-48.
3. Bogdanov R.A. Non-metallic inclusions as an indicator of the impact toughness of carriage castings from steel 20GL // Ferrous metals. 2022, no. 2, pp. 29-35.
4. Bogdanov R.A. The effect of modification on the impact strength of critical carriage castings made of steel 20GL // Procurement production in mechanical engineering. 2021, vol. 19, no. 7, pp. 291-297.
5. Solntsev Yu.P. Cold-resistant steels and alloys: textbook for universities. – St. Petersburg: Himizdat, 2017. – 476 p.

<b>Богданов Роман Александрович</b> – кандидат технических наук, доцент	<b>Bogdanov Roman Alexandrovich</b> – candidate of technical sciences, associate professor
Lpim-bra@yandex.ru	

*Received 22.04.2023*