

Научная статья

УДК 539.374.4

Показатели анизотропии высокопрочных сталей 42Х2ГСНМА (ВКС-1) и 30Х2ГСНВМ (ВЛ-1 Д)

Игорь Николаевич Файфер

ПАО «Машиностроительный завод им. М. И. Калинина», Екатеринбург, Россия
Уральский федеральный университет им. первого Президента
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

faifer_igor@mail.ru

Аннотация. Поставлены опыты по растяжению образцов из сталей 42Х2ГСНМА (ВКС-1) и 30Х2ГСНВМ (ВЛ-1 Д) с изменением ориентации образцов относительно оси прокатки. Выполнены расчеты и получены показатели анизотропии высокопрочных сталей 42Х2ГСНМА (ВКС-1) и 30Х2ГСНВМ (ВЛ-1 Д) в отожженном состоянии.

Ключевые слова: высокопрочная сталь, анизотропия, растяжение образцов, теория пластичности Хилла

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю — доктору технических наук, профессору Ю. Н. Логинову.

Original article

Anisotropy Indicators of High-Strength Steel 42H2GSNMA (VKS-1) and 30H2GSNVM (VI-1d)

Igor N. Faifer

PJSC “Machine Building Plant named after M. I. Kalinin”, Ekaterinburg, Russia
Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

faifer_igor@mail.ru

Abstract. Experiments on stretching samples of steels 42H2GSNMA (VKS-1) and 30H2GSNVM (VL-1D) with a change in the orientation of the samples relative to the rolling axis were carried out. Calculations have been carried out and anisotropy indices have been obtained for high-strength 42H2GSNMA (VKS-1) and 30H2GSNVM (VL-1D) steels in the annealed state.

Keywords: alloy steel, anisotropy, tensile specimen, Hill's theory of plasticity

Acknowledgments. The author expresses gratitude to the scientific advisor — doctor of technical sciences, professor Yu. N. Loginov.

В расчетных модулях метода конечных элементов предусмотрена возможность применения условия пластичности Хилла, для использования которого необходимо в базе данных деформируемых материалов подготовить необходимые сведения. Например, в расчетном модуле *QForm* следует задать соответствующие константы, характеризующие анизотропию: либо шесть коэффициентов из уравнения Хилла для момента перехода в пластическое состояние, либо три коэффициента пластической анизотропии R_0 , R_{45} , R_{90} , при этом подстрочный индекс после буквы R определяет угол наклона продольной оси образца к направлению прокатки.

Для применения данного условия пластичности в базе данных деформируемых материалов необходимо подготовить модель материала с выбранным условием пластичности Мизеса — Хилла во вкладке «Сопrotивление деформации» (рис.).

В этом случае имеется в виду деформация исключительно листового материала, обладающего анизотропными свойствами [1–3].

Коэффициент пластической анизотропии R_i определяется на основе определения размеров поперечного сечения плоского образца до и после испытания на растяжение как отношение логарифмической деформации по ширине образца к логарифмической деформации по толщине в соответствии с формулой

$$R_i = \frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_b} = \frac{\ln\left(\frac{a_1}{a_0}\right)}{\ln\left(\frac{b_1}{b_0}\right)}, \quad (1)$$

где $i = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ — угол наклона продольной оси образца относительно направления прокатки.

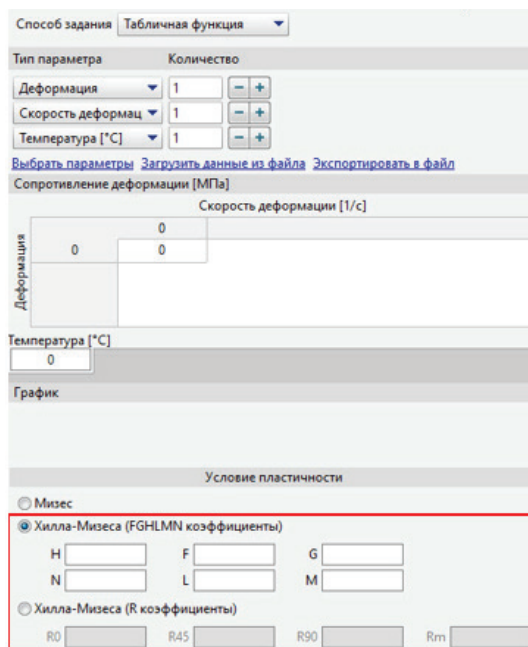


Рис. Общий вид вкладки «Сопротивление деформации» программного комплекса *QForm*

Для создания реологической модели стали в промышленных условиях был проведен эксперимент, описанный в работе И. Н. Файфера и Д. Р. Салихянова «Влияние термической обработки и времени хранения на анизотропию механических свойств высокопрочной стали 42Х2 ГСНМА (ВКС-1)» [4]. Получены кривые упрочнения стали 42Х2 ГСНМА (ВКС-1) в отожженном состоянии при комнатной температуре и определены коэффициенты анизотропии в трех направлениях относительно направления прокатки (табл. 1), а также средний коэффициент анизотропии по формуле

$$R_{cp} = \frac{R_0 + R_{45} + R_{90}}{3}. \quad (2)$$

В ходе аналогичного эксперимента были рассчитаны коэффициенты пластической анизотропии высокопрочной стали 30Х2 ГСНВМ (ВЛ-1 Д) (табл. 2).

Таблица 1

Результаты расчета коэффициентов пластической анизотропии стали
42Х2ГСНМА (ВКС-1)

Направление измерений	Значения					
	a_0 , мм	a_1 , мм	b_0 , мм	b_1 , мм	R_i	R_{cp}
Вдоль направления прокатки	15	14,32	2,27	2,02	0,3976	0,4324
Под 45° к направлению прокатки	15	14,16	2,33	2,07	0,4871	
Поперек направления прокатки	15	14,26	2,34	2,07	0,4126	

Таблица 2

Результаты расчета коэффициентов пластической анизотропии стали
30Х2ГСНВМ (ВЛ-1 Д)

Направление измерений	Значения					
	a_0 , мм	a_1 , мм	b_0 , мм	b_1 , мм	R_i	R_{cp}
Вдоль направления прокатки	15	14,22	2,31	2,08	0,5092	0,4828
Под 45° к направлению прокатки	15	14,13	2,28	2,04	0,5372	
Поперек направления прокатки	15	14,35	2,30	2,06	0,4020	

Таким образом, были установлены значения коэффициентов пластической анизотропии, пригодные для загрузки в базу данных расчетного модуля.

Список источников

1. Логинов Ю. Н., Пузанов М. П. Влияние анизотропии свойств на напряженно-деформированное состояние при прокатке полосы из электротехнической стали // Черные металлы. 2018. № 10. С. 22–26.
2. Исследование влияния технологии производства плоского проката из сплава системы Al–Mg–Si на анизотропию свойств / Ю. Н. Логинов, М. А. Головнин, М. Л. Лобанов [и др.] // Технология легких сплавов. 2016. № 3. С. 69–74.

3. Loginov Y. N., Sobolev D. O. Analysis of the distribution of deformations during tensile straightening of hot-rolled strips from aluminum alloys // *Tsvetnye Metally*. 2021. No. 8. P. 83–88.
4. Файфер И. Н., Салихьянов Д. Р. Влияние термической обработки и времени хранения на анизотропию механических свойств высокопрочной стали 42Х2ГСНМА (ВКС-1) // *Инновационные технологии и технические средства специального назначения: труды двенадцатой общерос. науч.-практ. конф. В 3 т. СПб. : Балт. гос. техн. ун-т., 2020. Т. 1. 326 с.*

References

1. Loginov, Y. N., Puzanov M. P. Influence of anisotropy on the stress-strain state when rolling a strip from electrical steel // *Ferrous metals*. 2018. No. 10. P. 22–26.
2. Investigation of the influence of the production technology of flat rolled products from an alloy of the Al–Mg–Si system on the anisotropy of properties / Y. N. Loginov, M. A. Golovin, M. L. Lobanov [et al.] // *Light alloy technology*. 2016. No. 3. P. 69–74.
3. Loginov Y. N., Sobolev. D. O. Analysis of the distribution of deformations during tensile straightening of hot-rolled strips from aluminum alloys // *Tsvetnye Metally*. 2021. No. 8. P. 83–88.
4. Faifer I. N., Salikhyanov D. R. Influence of heat treatment and storage time on the anisotropy of mechanical properties of high-strength steel 42H2GSNMA (VKS-1) // *Innovative technologies and special-purpose technical means: proceedings of the twelfth general Russian : scientific-practical conf. In 3 vol. SPb : Balt. state tech. un-t, 2020. Vol. 1. 326 p.*