

УДК 621.73

ОЦЕНКА ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Орлов Г.А., д.т.н., профессор кафедры «Обработка металлов давлением» (gror1@mail.ru)

Орлов А.Г., аспирант кафедры «Обработка металлов давлением»

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
(Россия, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19)

Аннотация. Предложен вариант количественной оценки обрабатываемости металлов давлением по стандартным методам испытаний механических свойств. Использован комплексный показатель, определяемый как средневзвешенное геометрическое трех показателей, характеризующих пластичность, упрочняемость и энергоёмкость деформации сплавов. Получены связи научных и инженерных характеристик оценки деформируемости для использования результатов научных исследований в заводской практике, ориентируясь на стандартные методы испытаний. Приведен пример использования полученных формул для ряда сталей и сплавов в процессах обработки металлов давлением. Проведена проверка предложенной методики по известным данным. Оценка комплексных показателей обрабатываемости сделана по шкале желательности Харрингтона. Предложенная методика может использоваться для оценки обрабатываемости новых сталей и сплавов.

Ключевые слова: обрабатываемость металлов давлением, квалиметрия, комплексный показатель, механические свойства.

DOI: 10.17073/0368-0797-2020-6-481-483

В последние годы развивается подход к оценке качества изделий и отдельных характеристик с помощью комплексных показателей, базирующийся на методах квалиметрии [1 – 4]. Комплексные показатели и отдельные единичные свойства нормируются в диапазоне 0...1, где 1 соответствует наилучшему (эталонному), 0 – наихудшему качеству (браку). В настоящей работе этот подход применен для количественной оценки обрабатываемости металлов при обработке металлов давлением (ОМД) по результатам испытаний стандартных механических свойств.

В теории ОМД обрабатываемость металла оценивают пластичностью как способностью деформироваться без разрушения и сопротивлением деформации, определяющим энергоёмкость деформирования. Однако в производственных условиях обычно отсутствует оборудование для определения диаграмм пластичности и кривых упрочнения, поэтому обрабатываемость давлением оценивается через стандартные механические свойства металла при комнатной температуре. Пластические свойства определяются относительным удлинением δ и сужением ψ , а энергоёмкость деформирования – временным сопротивлением σ_b и пределом текучести σ_T . Оценка обрабатываемости делается обычно на качественном уровне (высокая, низкая и др.) [5], что не позволяет оценивать пригодность к ОМД новых сталей и сплавов. В настоящей статье предложен вариант количественной оценки обрабатываемости металлов по стандартным методам испытаний.

В соответствии с методикой расчета комплексных показателей [1] представим обрабатываемость по 100-балльной шкале как средневзвешенное значение трех показателей:

$$Q = 100 \prod_{i=1}^3 K_i^{a_i}, \quad (1)$$

где $K_1 = \frac{\delta + \psi}{(\delta + \psi)_3} = \frac{\delta + \psi}{130}$ – показатель, учитывающий пластичность металла; $(\delta + \psi)_3$ – эталонная, максимально возможная пластичность, принятая за 130 %, что примерно соответствует очень пластичным сплавам (например, по данным [5], для стали 08 – 93 %, для латуни Л68 – 125 %, для алюминиевого сплава АД1 –

$$115 \%); K_2 = \frac{1 - \frac{\sigma_b / \sigma_T}{(\sigma_b / \sigma_T)_{\max}}}{1 - \frac{(\sigma_b / \sigma_T)_3}{(\sigma_b / \sigma_T)_{\max}}} = \frac{1 - 0,25 \frac{\sigma_b}{\sigma_T}}{0,75}$$
 – показатель,

учитывающий интенсивность упрочнения металла по отношению $\frac{\sigma_b}{\sigma_T}$: чем больше это отношение, тем хуже об-

рабатываемость металла; эталонное значение $\left(\frac{\sigma_b}{\sigma_T}\right)_3 = 1$;

$$\text{максимально возможное отношение } \left(\frac{\sigma_b}{\sigma_T}\right)_{\max} = 4 \text{ (по данным [5], для латуни Л68 оно равно 3,52, для нержавеющей стали X18H10T – 2,75); } K_3 = \frac{1 - \frac{\sigma_b + \sigma_T}{(\sigma_b + \sigma_T)_{\max}}}{1 - \frac{(\sigma_b + \sigma_T)_3}{(\sigma_b + \sigma_T)_{\max}}}$$

$$= \frac{1 - 0,00045(\sigma_b + \sigma_T)}{0,955}$$
 – показатель, оценивающий энер-

гоёмкость деформирования по сумме $\sigma_b + \sigma_T$, от чего зависит усилие деформации и обрабатываемость; эталонное (минимально возможное) значение суммы

Оценка обрабатываемости давлением некоторых сплавов

Assessment of fabricability by pressure for some alloys

Марка стали (сплава)	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	δ , %	Ψ , %	Обрабатываемость давлением	
					балл	качественная оценка
Стали						
20	250	420	25	55	70	в
45	360	610	16	40	58	у
50ХН	900	1100	9	40	32	н
Алюминиевые сплавы						
АД1	30	80	35	80	73	в
Д1	250	410	15	30	58	у
Бронза						
Бр. ОФ10-1	200	350	10	10	45	у
Титановый сплав						
ОТ4	600	800	20	52	57	у

$(\sigma_b + \sigma_T)_0 = 100$ МПа. Например, для сплава АД1 эта сумма равна 110 МПа, для АД31 – 140 МПа, для АМц – 180 МПа [5]; максимально возможное значение выбрано $(\sigma_b + \sigma_T)_{max} = 2200$ МПа, что соответствует, например, стали 50ХН; a_i – весовые коэффициенты, сумма которых должна быть равна 1.

В первом приближении можно принять влияние всех показателей равным $a_i = 0,33$, тогда формула (1) даст расчет среднего геометрического значения.

Для оценки работоспособности предложенной методики провели сравнение качественных оценок обрабатываемости некоторых сплавов по справочнику [5] с расчетом по формуле (1), приведенное в таблице. Шкала оценок деформируемости по формуле (1) выбрана соответствующей известной шкале оценок Харрингтона [6]: 80 – 100 – весьма высокая обрабатываемость (вв); 60 – 80 – высокая (в); 40 – 60 – удовлетворительная (у); 20 – 40 – низкая (н); менее 20 – не обрабатывается ОМД.

Выводы. Расчеты показали, что предложенная балльная оценка совпадает с качественной оценкой по

справочнику [5], т. е. предложенная методика может быть использована для оценки обрабатываемости давлением новых сталей и сплавов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Садовов В.В. Квалиметрия для всех: Учеб. пособие. – М.: ИД ИнформЗнание, 2012. – 165 с.
2. Гун Г.С. Управление качеством высокоточных профилей. – М.: Металлургия, 1984. – 152 с.
3. Рубин Г.Ш., Чукин М.В., Гун Г.С. и др. Разработка теории квалиметрии метизного производства // Черные металлы. 2012. № 7. С. 15 – 21.
4. Orlov G.A., Orlov A.G. Qualimetry rating of hot-rolled pipes // Solid State Phenomena. 2018. Vol. 284. P. 1349 – 1354.
5. Краткий справочник металлиста / Под ред. А.Н.Маслова. – М.: Машиностроение, 1971. – 767 с.
6. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение, 1980. – 304 с.

Поступила в редакцию 23 декабря 2019 г.
После доработки 23 декабря 2019 г.
Принята к публикации 5 июня 2020 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2020. VOL. 63. NO. 6, PP. 481–483.

ASSESSMENT OF METALS FABRICABILITY BY PRESSURE

G.A. Orlov, A.G. Orlov

Ural Federal University named after the first President of Russia
B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

Abstract. A variant of quantitative assessment of metals fabricability by pressure is offered according to the standard tests on mechanical properties. The complex parameter is used, defined as geometrical mean of three parameters characterizing plasticity, hardening and energy intensity of alloys deformation. Relations of scientific and engineering characteristics of deformability assessment for the use of scientific researches results in factory practice are determined, being guided on the standard test methods. Examples of the use of received equations are resulted for a number of steels in processes of metal forming. Testing

of the proposed method was carried out according to the known data. Estimation of the complex parameters was made in accordance with Harrington desirability scale. The offered technique can be used for an assessment of fabricability of new steels and alloys.

Keywords: metals fabricability by pressure, qualimetry, complex parameter, mechanical properties.

DOI: 10.17073/0368-0797-2020-6-481-483

REFERENCES

1. Azgaldov G.G., Kostin A.V., Sadovov V.V. *Kvalimetriya dlya vseh: Ucheb. posobie* [Qualimetry for everyone: Tutorial]. Moscow: ID InformZnanie, 2012, 165 p. (In Russ.).

-
2. Gun G.S. *Upravlenie kachestvom vysokotochmykh profilei* [Quality management of high-precision sections]. Moscow: Metallurgiya, 1984, 152 p. (In Russ.).
 3. Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun G.S., Zakirov D.M., Gun I.G. Development of qualimetry theory for metalware products. *Chernye Metally*. 2012, no.7, pp. 15–21. (In Russ.).
 4. Orlov G.A., Orlov A.G. Qualimetry rating of hot-rolled pipes. *Solid State Phenomena*. 2018, vol. 284, pp. 1349–1354.
 5. *Kratkii spravochnik metallista* [Brief handbook of metallist]. Maslov A.N. ed. Moscow: Mashinostroenie, 1971, 767 p. (In Russ.).
 6. Novik F.S., Arsov Ya.B. *Optimizatsiya protsessov tekhnologii metallov metodami planirovaniya eksperimentov* [Optimization of metals technology processes by experiment planning]. Moscow: Mashinostroenie, 1980, 304 p. (In Russ.).
- Information about the authors:**
- G.A. Orlov**, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair “Metal Forming” (gror1@mail.ru)
- A.G. Orlov**, Postgraduate of the Chair “Metal Forming”
- Received December 23, 2019
Revised December 23, 2019
Accepted June 6, 2020
-