

РАЗДЕЛ I МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.7.011

Голубчик Р. М.
Меркулов Д. В.
Шелест А. Е.

ПОКАЗАТЕЛЬ СРАВНЕНИЯ РЕЖИМОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Колмогоровым В. Л. [1] дана концептуальная оценка возможной трещиноватости, которая в уточненной записи имеет вид:

$$\Psi = \int_0^t B(\tau) \frac{H(\tau)}{\Lambda_P [k_{\text{Ж}}(\tau)]} d\tau < 1, \quad (1)$$

где $B(\tau)$ – степень немонотонности процесса; $H(\tau)$ – интенсивность скоростей деформации сдвига; Λ_P – предельная степень деформации сдвига, при которой происходит нарушение сплошности деформируемого материала; $k_{\text{Ж}}$ – коэффициент жесткости схемы напряженного состояния.

При практическом использовании выражения (1) часто принимаются $B(\tau) = 1$, что соответствует условиям простого нагружения и монотонной деформации. Интеграл $\int_0^t H(\tau) d\tau$ определяет накопленную степень деформации сдвига Λ , которая в работе [2] была использована в качестве критерия формоизменения, для анализа процесса прошивки заготовки.

Величину Λ можно использовать для сравнения разных процессов. Критерий Λ учитывает изменение размеров по трем осям и временной фактор – продолжительность деформации в каждом цикле, при каждом единичном обжатии.

В отличие от таких параметров конечного формоизменения, как обжатия по диаметру перед носком оправки u_0 и в пережиме валков $u_{\text{П}}$ или коэффициент вытяжки μ , критерий Λ дает более полную и обоснованную картину процесса обработки металлов давлением, при котором значение коэффициента жесткости схемы напряженного состояния $k_{\text{Ж}}$ изменяется в узких пределах, что на диаграмме пластичности [1] дает незначительные колебания значений [3].

В дальнейшем накопленная степень деформации сдвига Λ в качестве критерия, был исследован ряд технологических задач [4 и др.].

Целью данной работы является разработка и обоснование показателя для оценки формоизменения, учитывающего деформационно-кинематические и термомеханические параметры, и проведение расчетов для реальных процессов.

В работе [5] было показано, что в выражении (1) сопоставляются два процесса: исследуемый (по величине Λ) и модельный, при котором в результате испытаний получено предельное значение степени деформации сдвига Λ_P до разрушения.

Очевидно, что добиться одинаковых термомеханических условий для исследуемого и модельного процессов практически невозможно. В связи с этим и было предложено [5] ввести коэффициент несоответствия условий, определяемый с использованием такого структурночувствительного свойства как сопротивление деформации σ_s .

В связи с этим критерий каждого процесса, каждой настройки стана может включать значения сопротивления деформации σ_S , учитывающие термомеханические условия (температуру, степень и скорость деформации) накопленную степень деформации сдвига Λ , отражающую деформационно-скоростные характеристики процесса. Очевидно, при сравнении двух процессов следует использовать отношение произведений $\sigma_S \Lambda_S$, т. е. коэффициент сравнения будет иметь вид:

$$k_{cp} = \frac{\sigma_{S2}}{\sigma_{S1}} \cdot \frac{\Lambda_{S2}}{\Lambda_{S1}}, \quad (2)$$

в котором индексами 1 и 2 обозначены сопоставляемые процессы или режимы; отношение $\frac{\sigma_{S2}}{\sigma_{S1}}$ – показатель несоответствия условий сравниваемых режимов по термомеханическим параметрам [5]; $\frac{\Lambda_{S2}}{\Lambda_{S1}}$ – отношение накопленных степеней деформации сдвига в сравниваемых процессах или режимах.

Предположим, что в выражении (2) режим формоизменения 1 обеспечивает получение готовой продукции (проката) требуемого качества. Если коэффициент сравнения $k_{cp} > 1$, то режим 2 имеет тенденцию к ухудшению качества по сравнению с режимом 1. Вклад в оценку качества значений σ_S и Λ_S может быть различным, но итоговое значение k_{cp} всегда будет больше единицы.

Если настройкой изменить режим формоизменения 2 нельзя, то изменение температуры с переходом в область большей пластичности можно уменьшить значение k_{cp} .

Сравним прошивные станы ОАО «Первоуральский новотрубный завод» (далее по тексту ОАО «ПНТЗ») по предложенному критерию. Характеристика станов приведена в работе [6]. Прошивные станы этих агрегатов имеют различия в калибровках и скоростях вращения валков: стан ТПА 30-102 имеет чашевидные валки, а станы ТПА 160 и 220 – бочковидные валки. Станы настраивали таким образом, чтобы обжатия перед носком оправки u_0 и в пережиме u_{II} были примерно одинаковыми. Для последних двух станов угол подачи 9° , для стана 30-102 – 13° .

Рассмотрим два сечения очага деформации (рис. 1): I – перед носком оправки и II – в пережиме валков (табл. 1).

Число циклов N и накопленная степень деформации сдвига Λ_S , рассчитанных по методике работы [3], для этих ТПА приведены в табл. 1. По величинам параметра Λ_S можно предположить, что брака на готовых трубах на ТПА 30-102 будет меньше, чем на ТПА 220.

Таблица 1

Характеристика режимов прошивки на станах ОАО «ПНТЗ»
(заготовки $D_3 = 150$ мм, гильзы $D_{г} \times S_{г} = 147 \times 18$ мм)

Параметры	Агрегаты		
	220	30-102	160
Обжатия, %	5,9/10*	6,5/10	4,5/10
Отношения X/D_3	0,48	0,55	0,31
Коэффициент вытяжки до носка оправки μ_B	1,085	1,054	1,092
Число циклов, N	6,5/19	5,6/16	7,5/18
Накопленная степень деформации сдвига, Λ_S	1,21/5,6	0,87/4,0	1,17/5,2
Сопротивление деформации σ_S , МПа	60,3/68,7	50,1/55,2	55,4/62,1
Коэффициент сравнения k_{cp}	1,70/1,46	–	1,48/1,27

* В сечениях перед носком оправки (числитель) и в пережиме валков (знаменатель).

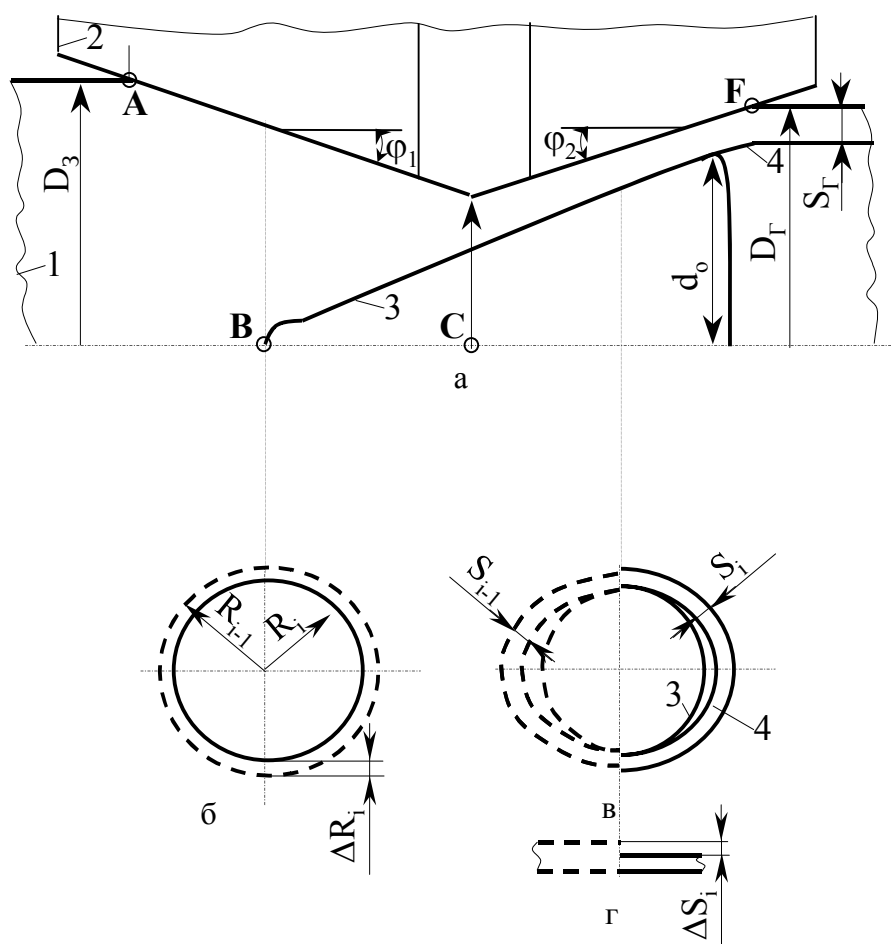


Рис. 1. Схемы продольного сечения очага деформации при прошивке заготовок (а), а также поперечных сечений заготовки (б, сечение I) и гильзы (в, сечения II): г – развертка гильзы; 1 – заготовка; 2 – валок; 3 – оправка; 4 – гильза

Рассмотрим влияние несоответствия термомеханических параметров. При проведении расчетов значение степени и скорости деформации были получены с использованием методики работы [7]. Величины сопротивления деформации определяли по алгоритму работы [9]. Из данных табл. 1 следует, что сопротивление деформации σ_3 перед носком оправки в сечении I неодинаково для прошивных станов сравниваемых ТПА, как и параметр Λ_Σ . Такой же характер значений Λ_Σ и σ_3 получен и в пережиме валков (сечение II).

Сравним прошивные станы ТПА 160 и 220 со станом ТПА 30–102. Значения коэффициента сравнения $k_{ср}$ приведены в табл. 1. Отметим, что учет несоответствия термомеханических условий в значениях коэффициента $k_{ср}$ может составлять 10÷25 %.

Подобные расчеты были сделаны для наиболее массовых размеров труб каждого агрегата, включая ТПА 140-1 (диаметр валков в пережиме 600–750 мм; углы конусности 2,5 и 3 °; угол подачи 9–11 °; скорость вращения валков 110–220 мин⁻¹). Примеры данных для сечения пережима валков приведены в табл. 2. Характер изменения параметров перед носком оправки – подобен табл. 1.

Отметим, что для труб массового сортамента влияние термомеханических условий составляет 10÷15 %.

По данным ОАО «ПНТЗ» средний брак по внутренним пленам за 1,5 года на заготовках из стали 09Г2С (поставки одного завода) составил, %: 2,68 для ТПА 220; 0,72 для ТПА 160; 0,4 для ТПА 30-102; 0,43 для ТПА 140-1. Заводские данные по разбраковке труб относятся ко всему сортаменту, а выводы из табл. 1 и 2 сделаны только для указанных условий. Однако важно отметить, что полученный характер изменения коэффициента сравнения (см. табл. 1 и 2) согласуется с данными по разбраковке труб.

Таблица 2

Значения параметров циклического формоизменения и сопротивления деформации в пережиме валков при прошивке заготовок для труб массового размера

Агрегат	Размеры, мм			Число циклов N	Накопленная степень деформации сдвига Λ_{Σ}	Сопротивление деформации σ_S , МПа	Коэффициент сравнения k_{cp}
	заготовки, D_3	гильзы, $D_T \times S_T$	трубы, $D_T \times S_T$				
30–102	150	148 × 16	108 × 6	9,4	5,1	58,3	–
220	210	232 × 14	220 × 10	14,9	9,6	64,4	2,07
160	105	105 × 17	102 × 10	11,3	6,7	65,7	1,48
140–1	105	113 × 14	108 × 6	11,8	6,1	67,8	1,32

ВЫВОДЫ

Предложен показатель для оценки процессов формоизменения, учитывающий деформационно-кинематические и термомеханические параметры процесса. Показана возможность использования коэффициента сравнения, определяемого по уравнению (2), для сопоставления разных станов или режимов деформации на отдельно взятом стане. Для прошивных станов ОАО «ПНТЗ» проведено сравнение режимов формоизменения, результаты которых удовлетворительно коррелируются с заводскими данными по разбраковке труб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колмогоров В. Л. Напряжение. Деформация. Разрушение / В. Л. Колмогоров. – М. : Металлургия, 1970. – 229 с.
2. Голубчик Р. М. Применение ЭВМ для оптимизации режимов формоизменения при винтовой прокатке / Р. М. Голубчик // Теория и технология процессов пластической деформации – 96. Труды научно-технической конференции. – МИСиС, 1997. – С. 289–294.
3. Golubchik R. M. New methods piercing mills setting relating to the cyclic forming of hollows / R. M. Golubchik, A. V. Lebedev // History and future of seamless steel tubes (7-th International Conference). – Karlovy Vary, 1990, November. – P. 1/8–17/8.
4. Совершенствование процесса прошивки заготовок из сталей с различной исходной пластичностью / Р. М. Голубчик, Е. Д. Клемперт, Д. В. Меркулов [и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2000. – № 8–9. – С. 283–285.
5. Голубчик Р. М. Определение степени использования ресурса пластических свойств при горячей обработке металлов давлением / Р. М. Голубчик // Металлы. – 1998. – № 6. – С. 44–47.
6. Параметры циклического формоизменения при прошивке в станах ОАО «ПНТЗ» / Р. М. Голубчик, Е. Д. Клемперт, Д. В. Меркулов [и др.] // Бюллетень научно-технической и экономической информации. Черная металлургия. – 1998. – № 12. – С. 47–50.
7. Хензель А. Расчет энергосиловых параметров в процессах обработки металлов давлением : справ. изд. пер. с нем / А. Хензель, Т. Шпитцель. – М. : Металлургия, 1982. – 360 с.

Голубчик Р. М. – д-р техн. наук, проф. МЭИ;

Меркулов Д. В. – канд. техн. наук МЭИ;

Шелест А. Е. – д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник ИМЕТ.

МЭИ – Московский энергетический институт, г. Москва, Россия.

ИМЕТ – Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова, г. Москва, Россия.

E-mail: GolubchikRM@mpei.ru; mdv@sc.ru.ru; shelest99@mail.ru