

УДК 621.981.011:620.174.001.8

Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Карнаух Д. С.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ СОРТОВОГО ПРОКАТА ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ СПОСОБОМ ЛОМКИ ИЗГИБОМ

На каждом машиностроительном предприятии операция разделения сортового проката является типичной и массовой. Учитывая, что на Украине ежегодно производят сотни миллионов заготовок из проката, становится очевидной актуальность работ, направленных на совершенствование существующих и разработку новых технологий производства заготовок.

Комплексные исследования безотходных способов разделения сортового проката широко проводились на территории стран СНГ: Мосстанкине, ЭНИКМАШе, Воронежском ПО по выпуску тяжелых механических прессов (ВСКБКМ), Донпрессмаше, Харьковском авиационном институте, Донецком государственном техническом университете (ДонГТУ), Кишиневском политехническом, Донецком физико-техническом, Коммунарском горнометаллургическом институтах, под руководством: Мещерина В. Т., Соловцова С. С., Тимощенко В. А., Финкеля В. М., Роганова Л. Л., Борисова В. М., Высоцкого Е. Н. и др. [1–3].

Однако, несмотря на достигнутые успехи, до настоящего времени не существует инструмента, позволяющего сделать правильный выбор способа разделения и получить прогнозируемый положительный результат для материалов в широком диапазоне механических свойств, длин и размеров поперечных сечений заготовок при минимальной энергоемкости и высокой производительности процесса. Известные безотходные способы разделения сортового проката не гарантируют высокого качества получаемых заготовок, т. е. не являются универсальными для всех марок сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов.

Целью работы является экспериментальная проверка известной методики определения предельной деформируемости полосового проката применительно к процессу холодной ломки сортового проката изгибом для классификации материалов по их чувствительности к разрушению с целью выбора рационального способа разделения проката на мерные заготовки.

Для правильного выбора того или иного способа разделения, схемы разделения, температурно-скоростных условий необходимо знать: размеры заготовки, вид и свойства разделяемого материала, назначение заготовки и требования к ее качеству, показатели способа разделения проката, масштаб производства и размер партии заготовок.

При оценке штампуемости толстолистовой стали основная роль отводится испытанию на изгиб по ГОСТ 14019 [4]. Несмотря на широкое применение, данное испытание имеет существенные недостатки, снижающие эффективность оценки качества и заключающиеся в следующем.

Во-первых, величина определяемого угла изгиба  $\alpha^{пред}$ , принимаемого в качестве характеристики предельной пластичности, не достаточно отражает эту характеристику металла, так как зависит от условий конкретного испытания (радиус оправки, толщина образца).

Разрушение происходит при достижении определенной величины растягивающей деформации наружных слоев образца –  $\epsilon^{пред}$ . Поэтому эта величина и должна приниматься в качестве показателя предельной пластичности.

В работе [5] предложена новая методика определения предельной пластичности полосового проката при изгибе, в которой используются образцы, отличающиеся конфигурацией от стандартных образцов и выполняемые с «канавкой» на внутренней (при изгибе) стороне.

Использование таких образцов позволяет, не прибегая к определению угла  $\alpha^{пред}$ , выявлять предельную пластичность с определением непосредственно деформации  $\epsilon$ , фиксируемой в момент появления трещины.

Однако изготовление образцов такой формы сопряжено с большими трудозатратами. При этом необходимо учитывать, что из всей номенклатуры сортового проката, разделение проката круглого сечения является наиболее востребованным, что не соответствует прямоугольной форме стандартного образца.

Поэтому для решения задачи определения  $a^{пред}$ , с целью ранжирования металла по способности к изгибу и выбора способа разделения сортового проката на мерные заготовки целесообразно использовать образцы круглого сечения.

Диаметр образца  $D$  должен соответствовать диаметру разделяемого сортового проката, длина  $L$  – не менее  $5D$ . До начала испытания в образце (посредине) высверливают отверстие диаметром  $d = 2$  мм. Тем самым рабочая поверхность по линии изгиба размечается измерительной окружностью. В процессе изгиба окружность превращается в эллипс, большая ось  $l_1$ , которого, перпендикулярная линии изгиба, характеризует продольную деформацию  $e_1$  поверхностных слоев, а малая ось  $l_2$ , располагающаяся по линии изгиба – поперечную деформацию  $e_2$ . Зафиксировав  $l_1$ ,  $l_2$  (мм) в момент разрыва, легко рассчитать величины предельной пластичности:

$$e_1^{пред} = Ln(l_1/d);$$

$$e_2^{пред} = Ln(l_2/d).$$

Первая из этих величин характеризует штампуемость металла.

Тем самым при испытании на изгиб с достаточной простотой решается задача прогнозирования результатов разделения сортового проката, для которого известна реальная степень деформации.

Эксперимент проводили на экспериментальной установке ДМ 30М (рис. 1), с использованием разработанной оснастки (рис. 2).

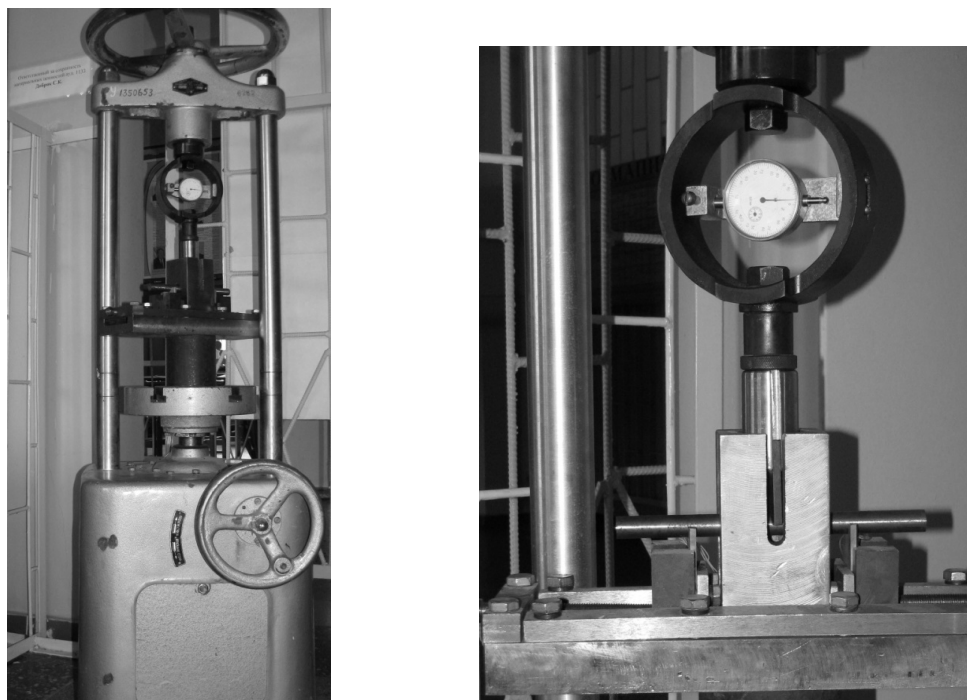


Рис. 1. Экспериментальная установка с оснасткой

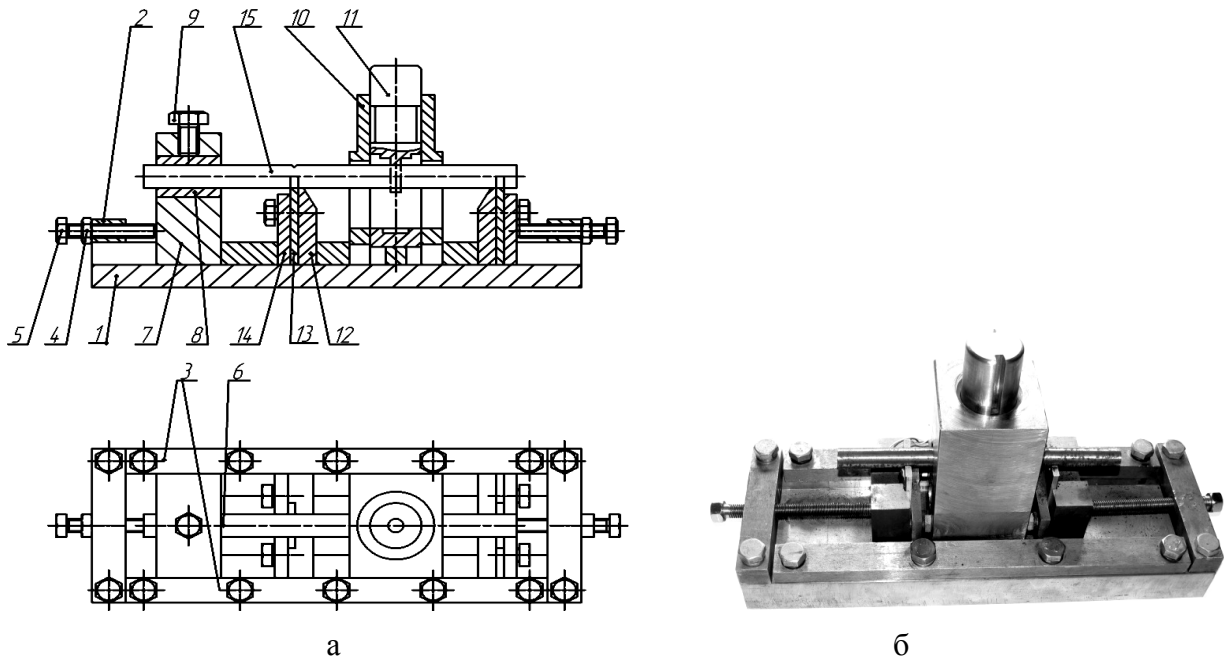


Рис. 2. Конструктивна схема (а) и фотография (б) экспериментальной оснастки

Экспериментальная оснастка состоит из станины 1, в направляющих которой размещаются механизмы зажима проката, ломателя и опор, установленных с возможностью возврата – поступательного движения, ограниченного упорами 2 и накладками 3, которые крепятся к станине 1 болтами. Положение механизмов зажима, ломателя и опор фиксируется с помощью болтов 5, вкрученных в упоры 2, гаек 4 и проставок 6. Механизм зажима проката состоит из корпуса 7, в отверстии которого размещается образец 15 между полуштулками 8, которые зажимаются с помощью болта 9, вкрученного в корпус 7. Механизм ломателя состоит из корпуса 10, собственно ломателя 11, установленного с возможностью возвратно-поступательного движения в направляющих корпуса. Механизм опоры состоит из корпуса 12 и опорной пластины 13, которая удерживается накладкой 14 с помощью болтов с шайбами.

В качестве образцов использовали прутки из марок сталей: 3, 20, 45, ШХ15. Размеры образцов:  $D = 16$  мм,  $L = 80$  мм. Посередине образца, перпендикулярно оси, просверливали отверстие диаметром  $d = 2$  мм (рис. 3).

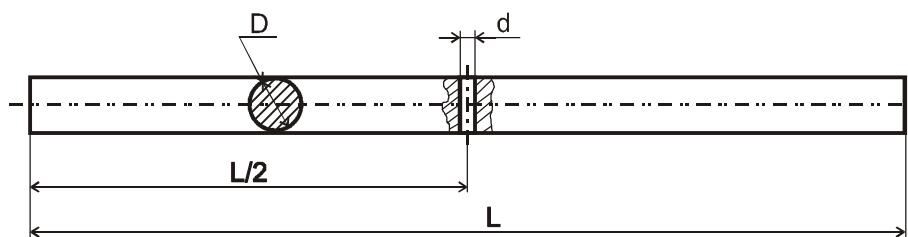
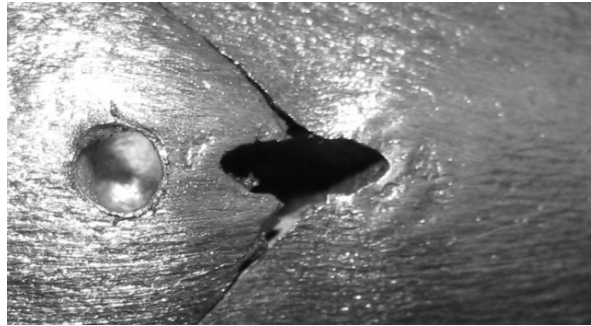


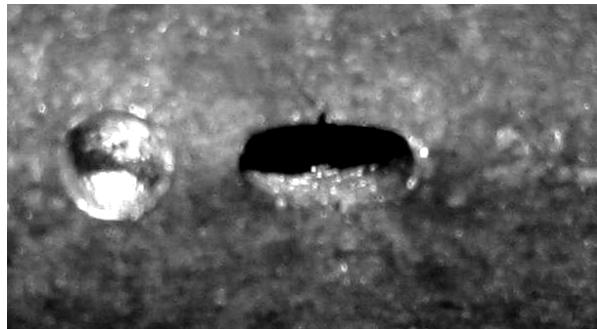
Рис. 3. Размеры образца

Образец изгибали с малой скоростью деформирования по схеме трехточечной холодной ломки изгибом до появления разрушающей трещины, которую фиксировали визуально.

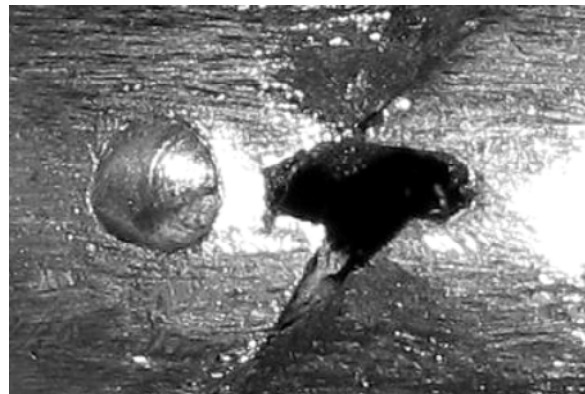
Измерения размеров  $l_1$ ,  $l_2$  (мм) проводили с использованием цифрового аппарата. Затем цифровые фотографии, увеличенные в компьютерном изображении до значительных размеров, обрабатывали в графическом редакторе КОМПАС. Для масштабирования получаемого изображения перед фотографированием рядом с рабочим деформированным отверстием просверливали дополнительное отверстие  $d = 2$  мм (рис. 4).



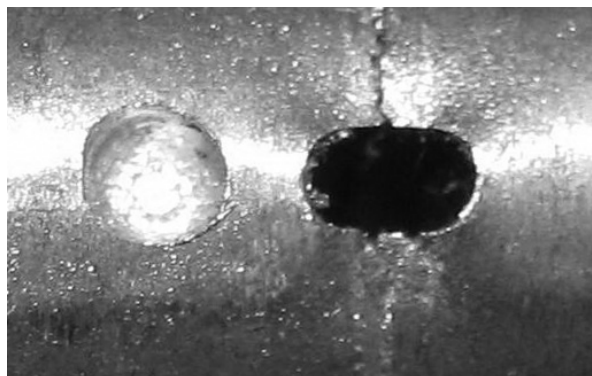
а



б



в



г

Рис. 4. Поверхности образцов после изгиба:  
а – Ст 3; б – Сталь 20; в – Сталь 45; г – Сталь ШХ15

В табл. 1 представлены механические характеристики материала образцов, а в табл. 2 – результаты испытаний на изгиб.

Таблица 1

## Механические характеристики испытываемых сталей

Марка стали	Стандартные механические характеристики		
	$s_T$ , МПа	$s_B$ , МПа	$d$ , %
Ст. 3	240	433	32
Сталь 20 (горячекатанный)	245	412	25
Сталь 45 (горячекатанный)	353	598	16
Сталь ШХ15 (закалка 860 °С, масло, отпуск 550 °С)	900	1080	8

Таблица 2

## Результаты испытаний

Сталь	Направление оси изгиба	$e_1^{пред}$	$e_2^{пред}$
Ст. 3	Вдоль прокатного волокна	0,56	0,39
Сталь 20 (горячекатанный)		0,50	0,32
Сталь 45 (горячекатанный)		0,44	0,22
Сталь ШХ15 (закалка 860 °С, масло, отпуск 550 °С)		0,25	0,20

Результаты проведенных исследований полностью согласуются с ранее полученными экспериментальными данными по разделению сортового проката по схеме трехточечной холодной ломки изгибом [6].

## ВЫВОДЫ

1. Таким образом, величина  $e^{пред}$ , выявляемая по предлагаемой методике, представляет собой показатель, пригодный для ранжирования металла по способности к изгибу. При этом процедура определения показателя  $e^{пред}$ , позволяет в полной мере сохранить стандартность испытания.

2. Учитывая массовость разделения сортового проката на мерные заготовки, можно рассчитывать на ускоренное накопление информации по величине  $e^{пред}$ , для металлов с различными химическим составом и структурным состоянием с формированием соответствующего банка данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соловцов С. С. Безотходная разрезка сортового проката в штампах / С. С. Соловцов. – М. : Машиностроение, 1985. – 176 с.
2. Финкель В. М. Холодная ломка проката / В. М. Финкель, Ю. И. Головин, Г. Б. Родюков. – М. : Металлургия, 1982. – 192 с.
3. Соловцов С. С. Производство точных заготовок отрезкой и вырубкой / С. С. Соловцов // Кузнечно-штамповочное производство. – 2005. – № 9. – С. 22–24.
4. Металлы. Методы испытаний на изгиб : ГОСТ14019. – М. : Госстандарт СССР, 1988.
5. Глинер Р. Е. Определение предельной пластичности полосового проката при изгибе / Р. Е. Глинер // Кузнечно-штамповочное производство. – 2008. – № 10. – С. 41–44.
6. Карнаух С. Г. Применение критериев разрушения материалов при выборе способа разделения сортового проката / С. Г. Карнаух, М. В. Винников // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні : тематич. зб. наук. пр. – ДДМА, Краматорськ-Слов'янськ. – 2003. – С. 329–337.