

PACS: 81.40.Np

Е.Н. Высоцкий

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКИХ СХЕМ НАГРУЖЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ

НПП «Станко Маш»
ул. Р. Люксембург, 72а, г. Донецк, 83114, Украина

Статья поступила в редакцию 11 апреля 2005 года

Показано, что для обеспечения симметричности приложения нагрузки в процессе движения трещины в случаях, когда силы инерционного сопротивления не уравновешены, необходимо создание схем нагружения с распределенной, осевой и радиальной нагрузками, оказывающими в динамике дополнительное воздействие на прокат.

Введение

Фактором, который характеризует динамику процесса и частично качество поверхности разрушения, является скорость распространения трещины. На участке старт–остановка скорость ее распространения достигает большой величины сразу после начала движения, а затем непрерывно уменьшается вплоть до нуля. Но обычно по достижении некоторой достаточно большой скорости трещина становится «неуправляемой». Бенбоу и Реслер [1] первыми предложили стабилизировать ее траекторию путем приложения на концах расклиниваемой полосы осевого сжимающего напряжения, чтобы именно вдоль этого направления и росла устойчивая трещина. Исходя из этого, управление разрушением длинномерного проката при ломке осуществляется путем создания относительно заданной плоскости поля сжимающих напряжений, в узком коридоре которого и продвигается трещина.

Схема трехточечного изгиба при симметричном приложении нагрузки к длинномерному прокату обеспечивает симметричный угловой коридор сжимающих напряжений только при равных значениях сил инерционного сопротивления вне деформируемых отделяемых частей проката. Для обеспечения симметричности приложения нагрузки в процессе движения трещины в остальных случаях, когда силы инерционного сопротивления не уравновешены, необходимо создание схем нагружения, оказывающих в динамике дополнительное воздействие на прокат.

Более сложным в конструктивном исполнении, но экономически оправданным является путь стабилизации траектории трещины с приложением к

отделяемым частям проката уравнивающих нагрузок: осевой, радиальной или распределенной.

Результаты экспериментальных исследований

Исследования проводили на стали ШХ15 твердостью 370 HV и стали 45 твердостью 220 HV. Концентратор напряжений наносили методом вдавливания ножа при глубине внедрения 1.5–6.0 mm, угле раскрытия надреза $\alpha = 90^\circ$ и радиусе $r = 0.1$ mm.

Для получения качественной поверхности разрушения были предложены три принципиально различных схемы нагружения с дополнительным приложением к отделяемым частям проката распределенной, осевой и радиальной нагрузок. Автором разработано и создано эффективное устройство, выполняющее в один рабочий цикл последовательно ряд операций: надрез проката в плоскости разрушения, нагружение проката изгибающей нагрузкой и, для случая разделения коротких заготовок, дополнительное нагружение отделяемых частей распределенной, осевой или радиальной нагрузками (рис. 1). Из рисунка видно, что ветвление трещины осуществляется в двух направлениях: меньший конец разделяемого проката (заготовок) имеет большое перемещение в осевом направлении, т.е. наблюдается проскальзывание между ломателями и опорой; больший же конец не проскальзывает, обкатывается вокруг ломателя и опоры. Для случая сосредоточенной силы усилие изгиба в 2 раза превышает предельные усилия. Это еще раз подтверждает гипотезу о преобладающем влиянии на характер разрушения стартовой скорости трещины.

Исследование влияния распределенной нагрузки на величину отклонения траектории трещины путем подбора предельного угла изгиба на ломателях посредством монолитных ломающих призм дало следующие результаты. При больших (от 9°) углах ломающих призм величина отклонения траектории трещины δ имела максимальное значение, примерно равное 4–5 mm. В момент разрушения угол изгиба заготовки не совпадал с углом ломающих призм. При совпадении этих углов траектория трещины стабилизировалась. Для стали ШХ15 при глубине надреза $\Delta H = 1.5$ mm предельный угол составлял 3° , а для $\Delta H = 3.0$ mm – 2° . Для

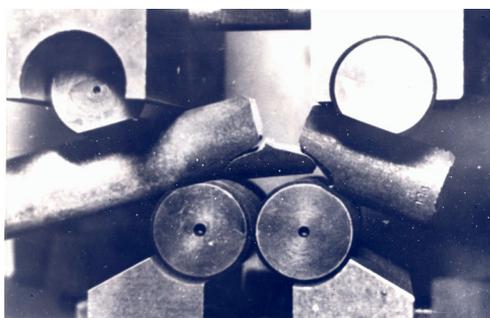


Рис. 1. Изломы проката на установке с шарнирными ломателями и опорой

стали 45 при глубине концентратора $\Delta H = 3.0$ mm предельный угол равнялся 6° , а для глубины концентратора $\Delta H = 6.0$ mm – 5° . Увеличение и уменьшение углов от оптимальных значений приводило к росту величины отклонения траектории трещины. Зависимость этой величины от угла наклона ломателей показана на графике (рис. 2,а). Из данных опытов видно, что

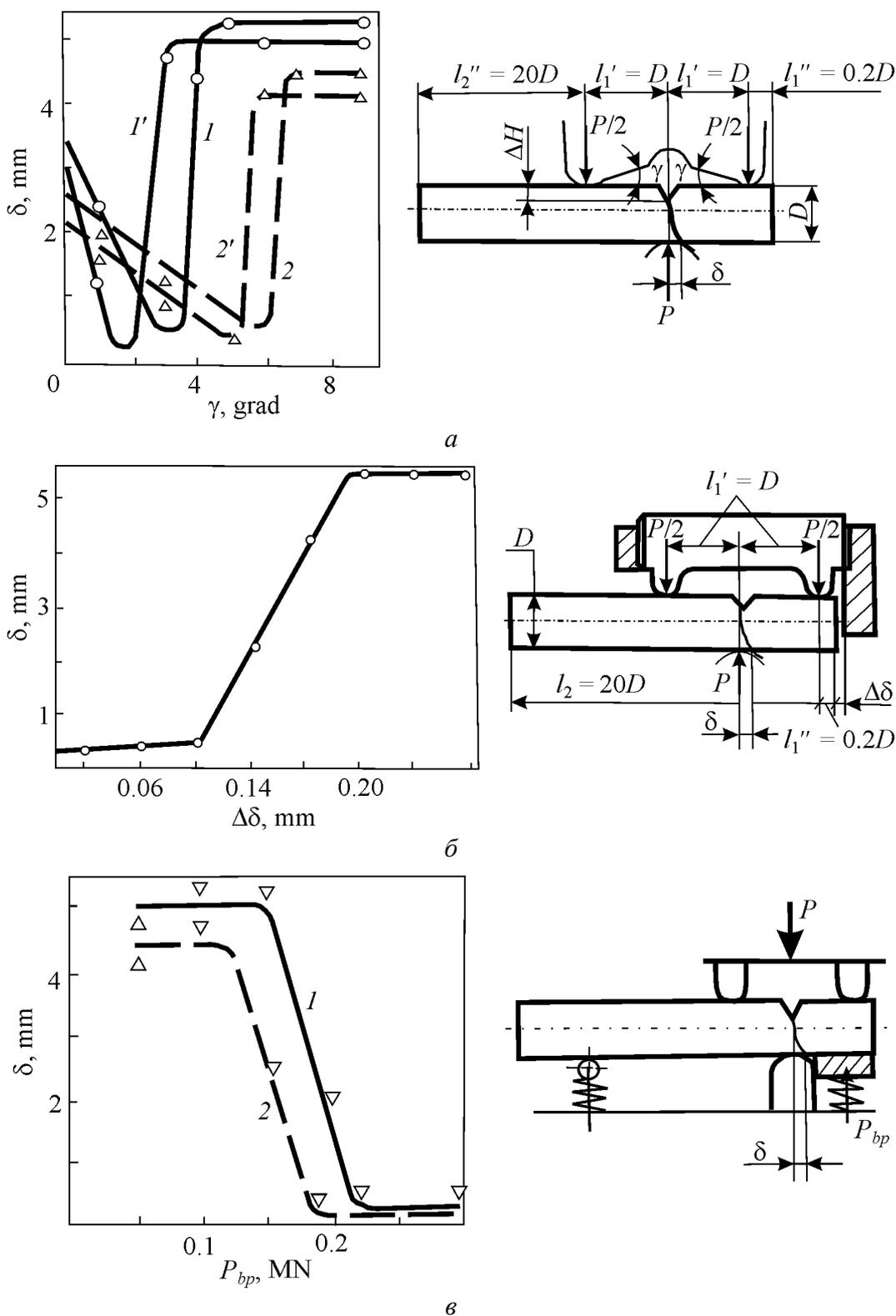


Рис. 2. Схемы нагружения с дополнительным приложением нагрузок и зависимости величины отклонения траектории трещины от угла наклона ломателей (а), величины начального зазора между торцом проката и подпором (б) и усилия противодавления (в): 1, 1' – сталь ШХ15; 2, 2' – сталь 45

распределенная нагрузка может стабилизировать траекторию трещины путем подбора оптимальных углов изгиба проката и ломающих призм.

Изучение устройства жесткой связи подпора с ломающей призмой проводили путем базирования осевого зазора $\Delta\delta$ между заготовкой и планкой большой жесткости, выполняющей роль осевого подпора (рис. 2,б). Как показали исследования, большие ($\Delta\delta = 0.2-0.3$ mm) зазоры не дали положительного результата. Отклонение траектории трещины от прямолинейности для данных параметров составляло величину $\delta = 5.0$ mm. При величине $\Delta\delta < 0.2$ mm наблюдалось резкое снижение величины δ . При $\Delta\delta = 0.1$ mm и при его отсутствии траектория трещины стабилизировалась.

Из графика рис. 2,б видно, что при больших зазорах величина отклонения траектории трещины соответствует ломке при обычном трехточечном нагружении с соотношением $l_1''/l_1' \leq 1$. По-видимому, большие зазоры не обеспечивают жесткого контакта заготовки с подпором, а при $\Delta\delta < 0.1$ mm и при его отсутствии растяжение за счет изгиба дает достаточный осевой подпор, который меняет схему напряженного состояния, обеспечивая в динамике симметричный угловой коридор под сосредоточенной силой. Таким образом, на стабилизацию траектории трещины оказывают влияние не только распределенная нагрузка, но и осевой подпор достаточной жесткости.

Радиальное поджатие короткой отделяемой части со стороны, противоположной приложению изгибающего усилия, осуществляли с помощью рессоры усилием до 0.3 MN (рис. 2,в). Исследования показали, что для изучаемых сталей малые усилия противодействия до 0.15 MN не обеспечивают равновесия сил инерционного сопротивления по обе стороны трещины. При усилии противодействия, начиная с 0.17 MN для стали 45 и 0.21 MN для стали ШХ15, трещина стабилизировала свое направление.

Выводы

Исследования ломки проката при жестких схемах нагружения подтвердили правильность выдвинутой гипотезы о том, что противодеформирующее усилие может стабилизировать траекторию трещины.

Распределенная, осевая и радиальная нагрузки, приложенные к отделяемой короткой части проката с длиной менее 2 диаметров, при оптимально выбранных параметрах концентратора напряжений обеспечивают стабилизацию траектории трещины путем дополнительного воздействия сил и симметричное распределение напряжений под сосредоточенной силой.

Данная идея защищена рядом свидетельств на изобретения [2–9].

1. J.J. Benbow, F.C. Roesler, Proc. Phys. Soc. **70**, 201 (1957).
2. Е.Н. Высоцкий, В.И. Косяк, А.с. 703254 СССР, МКИ В23D 23/00. Установка для разделения прутков, Оpubл. БИ № 46 (1979).

3. *Е.Н. Высоцкий, В.И. Косяк*, А.с. 674813 СССР, МКИ В21D 31/00. Способ разделения проката, Оpubл. БИ № 27 (1979).
4. *Е.Н. Высоцкий, В.И. Косяк*, А.с. 584985 СССР, МКИ В23D 23/00. Установка для разделения прутка, Оpubл. БИ № 47 (1977).
5. *Е.Н. Высоцкий, В.И. Косяк*, А.с. 602320 СССР, МКИ В23D 17/06. Установка для ломки прутков, Оpubл. БИ № 14 (1978).
6. *Е.Н. Высоцкий, В.И. Косяк*, А.с. 634865 СССР, МКИ В23D 23/00. Установка для разделения материалов, Оpubл. БИ № 44 (1978).
7. *Е.Н. Высоцкий, В.И. Косяк*, А.с. 645779 СССР, МКИ В23D 15/04. Установка для разделения проката, Оpubл. БИ № 5 (1979).
8. *Е.Н. Высоцкий, В.И. Косяк*, А.с. 673388 СССР, МКИ В23D 23/00. Установка для разделения проката, Оpubл. БИ № 26 (1979).
9. *Е.Н. Высоцкий, В.И. Косяк*, А.с. 688301 СССР, МКИ В23D 23/00. Установка для раскрытия прутков, Оpubл. БИ № 36 (1979).

Е.Н. Vysotsky

INFLUENCE OF HARD LOADING SCHEMES ON QUALITY OF FRACTURE SURFACE

For a symmetrical application of loading in the process of crack motion in cases when forces of inertial resistance are unstable, creation of loading schemes is needed with distributed axial and radial loading rendering in dynamics an additional influence on rolled product.

Fig. 1. Rolled product fracture at a plant with hinged breakers and support

Fig. 2. Loading schemes with additional application of load and dependences of value of crack trajectory deviation as a function of angle of breakers tilting (a), value of initial gap between rolled product face and the prop (b) and backpressure force (σ): 1, 1' – steel ШХ15; 2, 2' – steel 45