

В.Ю. Карпов, д-р техн. наук, проф.  
(НМетАУ),  
А.В. Толстенко, канд. техн. наук, доцент  
(ДГАУ)

## ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ НА СВОЙСТВА ЛИТЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Аннотация.** Описано изменение механических свойств литых пористых материалов – газаров при их холодной деформации прокаткой и волочением.

**Ключевые слова:** медный газар, прокатка, волочение, прочность.

V.Yu. Karpov, D. Sc. (Tech.)  
(NMetAU),  
A.V. Tolstenko, Ph. D. (Tech.), Associate Professor  
(DSAU)

## INFLUENCE OF DEFORMATION ON PROPERTIES OF CAST POROUS MATERIALS

**Abstract.** Change of mechanical properties of cast porous materials – gazars is described at their cold deformation rolling and drawing.

**Keywords:** copper gazar, rolling, drawing, strength

Основной целью исследования является изучение изменения механических свойств нового типа литых пористых анизотропных материалов – газаров при их холодной пластической деформации.

При традиционной технологии изготовления газаров [1, 2] достаточно легко получать поры диаметром (20-25) мкм при общей пористости (25-30) %. Получение более мелких по диаметру пор гораздо сложнее. Уже сейчас промышленность требует снижения размера пор на порядок и более [3, 4]. Получать образцы газаров с таким размером пор традиционным способом сложно, но пластическая деформация образцов газаров это позволяет.

Для экспериментов по деформации газаров изготавливались заготовки в виде медных отливок диаметром 20 мм и длиной 130 мм, которые прокатывались (волочились) в пруты диаметром 10 мм.

Исследование процессов холодной деформации газаров проводилось как для свободной продольной прокатки, так и для волочения круглых заготовок.

Деформированные образцы газаров однозначно показали более высокие механические показатели при всех степенях деформации. Прокатанный прут газара после отжига для снятия внутренних напряжений при толщине 10 мм имел прочность в 1,5-2 раза выше, чем монолитный и равный по размерам. Не отожжённый деформированный образец газара имел прочность в 2-3 раза выше, чем монолитный прут диаметром 10 мм.

При инструментальном исследовании деформированных образцов газаров было отмечено, что есть зависимость их предела текучести от степени деформации (рис. 1, а). Выяснилось, что с повышением степени деформации медных газаров их предел текучести заметно повышался, но эта зависимость нелинейна. В то-

же время временное сопротивление образцов газаров заметно снижалось с увеличением пористости (рис. 1, б).

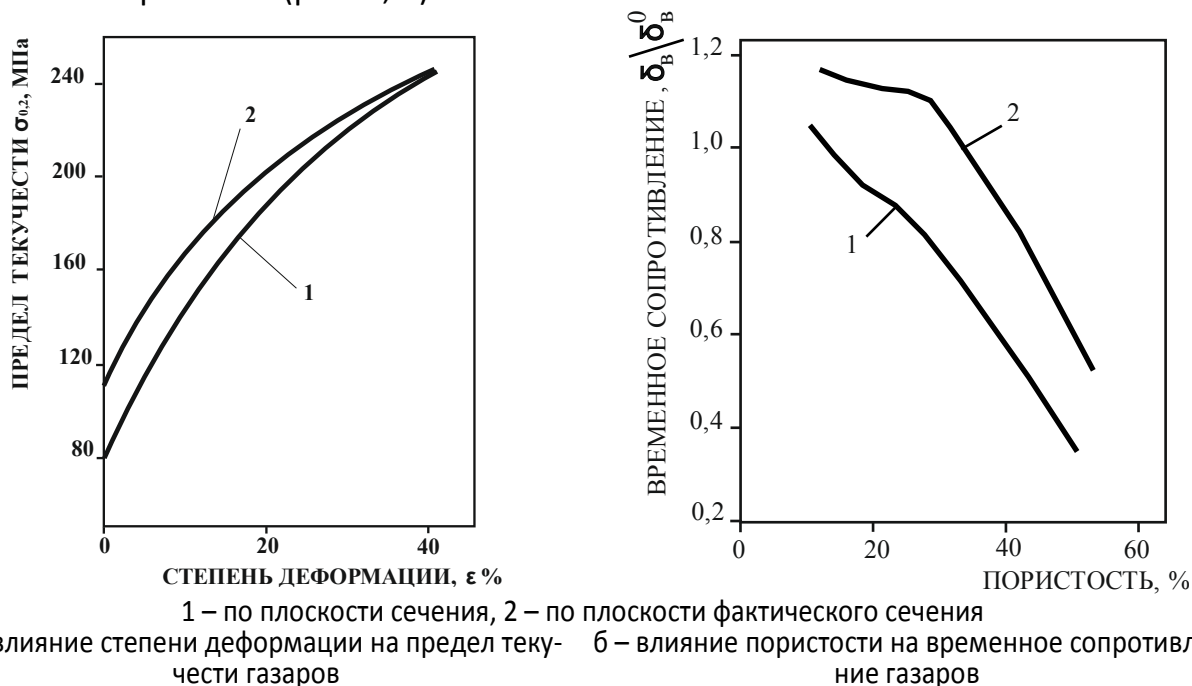


Рис. 1

Микроструктурные исследования показали, что имеет место версия превращения тонких перегородок между порами в участки с малым количеством дефектов структуры (аналогичной структуре металлических усов) [5, 6]. При уменьшении расстояния между порами прочность образцов газаров повышалась (рис. 2).

Аналогично было установлено повышение временного сопротивления деформированных образцов газаров по площади фактического сечения. Это также связано с уменьшением толщины перегородок между порами. В интервале толщин (115-40) мкм временное сопротивление практически не изменялось и лишь в интервале (40-20) мкм наблюдалось некоторое его повышение, которое более интенсивно росло с уменьшением толщины перегородок (рис. 3).

Такие результаты подтверждают предположение о том, что повышение прочности газаров может быть достигнуто утончением перегородок между порами, что возможно только при значительной деформации



образцов.

При высоком уровне пластической деформации образцов газаров их поверхностный слой уплотняется вплоть до сваривания части пор, что приводит к образованию на поверхности образцов практически монолитного высокодефектного слоя. Это также увеличивает прочность деформированных образцов газаров.

Изучение микроструктуры показало, что уменьшение пористости и сечения пор газаров при прокатке проходит более интенсивно, чем при волочении. При прокатке металл образца в очаге деформации течёт как в продольном, так и в радиальном направлении. При волочении деформация образцов происходит иначе. За счёт создания дополнительных продольных растягивающих напряжений уменьшается радиальное течение металла. Часть металла, которая смещается в радиальном направлении заметно меньше. Соответственно деформация образца в продольном направлении больше, чем при свободной прокатке. Поэтому деформация образцов при волочении всегда меньше (рис. 4). Эта разница может достигать (20-40) %.

Полученные результаты показывают необходимость дальнейших исследований структуры и свойств газаров в ходе и после их холодной пластической деформации. Эти разработки могут способствовать получению облегчённых, но прочных конструкционных материалов для нужд современной промышленности.

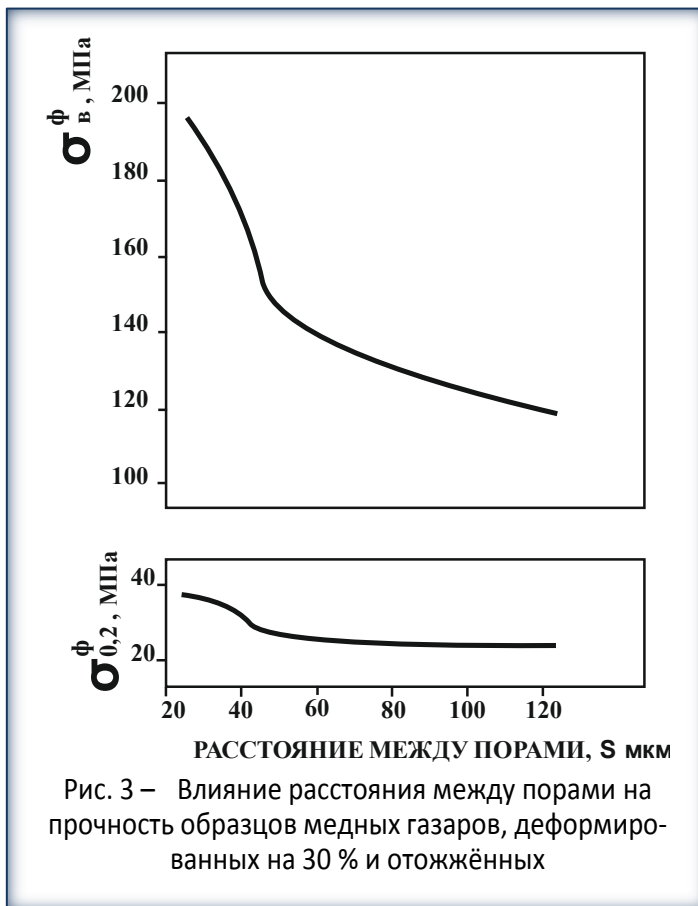


Рис. 3 – Влияние расстояния между порами на прочность образцов медных газаров, деформированных на 30 % и отожжённых



Рис. 4 – Влияние степени деформации на пористость газара

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпов, В.Ю. Водород – легирующий элемент эвтектических сплавов – газаров / В.Ю. Карпов, В.И. Шаповалов, В.В. Карпов // Тезисы международной конференции VOM-2007. – Донецк. – 2007. – С. 577-580.
2. Карпов, В.Ю. Фізико-механічні властивості газарів / В.Ю. Карпов // ФХММ. 2007. – № 5. – С. 34-37.
3. Гуляев, Г.И. Технология непрерывной безоправочной прокатки труб / Г.И. Гуляев, П.М. Ившин, И.Н. Ерохин и др. – М.: Металлургия, 1975. – 263 с.
4. Андриевский, А.С. Свойства спеченных тел / А.С. Андриевский // Порошковая металлургия. – 1982. – № 1. – С. 37-42.
5. Бережкова, Г.В. Нитевидные кристаллы / Г.В. Бережкова. – М.: Наука, 1969. – 155 с.
6. Бокштейн, С.З. Структура и свойства металлических сплавов / С.З. Бокштейн. – М.: Металлургия, 1971. – 495 с.

## REFERENCES

1. Karpov, V.Yu., Shapovalov, V.I. and Karpov, V.V. (2007), "Hydrogen - alloying element eutectic alloys - gasar", *Proceedings of International Conference VOM-2007*, Donetsk, Ukraine, pp. 577-580.
2. Karpov, V.Yu. (2007), "Physical and mechanical properties gasar", *FKHMM*, no.5, pp.34-37.
3. Gulyayev, G.I. (1975), *Tekhnologiya nepreryvnoy bezopravochnoy prokatki trub*, [Technology without continuous mandrel rolling tube], in Gulyayev, G.I., Ivshyn, P.M. and Erokhin, I.N. (ed.), *Metallurgiya*, Moscow, Russia.
4. Andriyevskiy, A.S. (1982), "Properties of sintered bodies", *Poroshkovaya metallurgiya*, no.1, pp.37-42.
5. Berezhkova, G.V. (1969), *Nitevidnye kristally* [Filamentary Crystals], Nauka, Moscow, Russia.
6. Bokshtein, S.Z. (1971), *Stroyeniye i svoystva metallicheskih splavov* [Structure and properties of metal alloys], *Metallurgiya*, Moscow, Russia.

## Об авторах

**Карпов Владимир Юрьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения, Национальная Металлургическая Академия Украины (НМетАУ), Днепропетровск, Украина

**Толстенко Александр Васильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин», Днепропетровский государственный аграрный университет (ДГАУ), Днепропетровск, Украина

## About the authors

**Karpov Vladimir Yurievich**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor of Department of Materials Science, National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine

**Tolstenko Alexandr Vasilievich**, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor of Department «Reliability and repair of machinery», Dnepropetrovsk State Agrarian University (DSAU), Dnepropetrovsk, Ukraine

## РАСЧЁТ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕЗИНОВЫХ ФУТЕРОВОК ШАРОВЫХ РУДОРАЗМОЛЬНЫХ МЕЛЬНИЦ С УЧЁТОМ СТАРЕНИЯ РЕЗИНЫ

**Аннотация.** Рассматривается методика расчёта долговечности резиновых футеровок рудоизмельчительных мельниц с учётом старения резины. Приводятся: модели разрушения футеровки; методика и результаты экспериментальных исследований процессов разрушения футеровки, расчёт её долговечности с использованием энергетического критерия разрушения.

**Ключевые слова:** мельница, абразивный износ, усталостный износ, диссипация, энергия разрушения, энергетический критерий, синергетическая модель, долговечность, старение, резиновая футеровка.

Ye.V. Kalgankov, Ph. D. Student,  
(IGTM NAS of Ukraine)

## CALCULATION OF DURABILITY OF RUBBER LININGS OF SPHERICAL MILLS FOR ORE CRUSHING TAKING INTO ACCOUNT RUBBER AGING

**Abstract.** The method of calculation of durability of rubber linings of mills for ore crushing taking into account aging is considered. It is provided: models of destruction of lining; technique results of pilot studies of processes of destruction of lining and calculation of its durability with use of power criterion of destruction.

**Keywords:** mill, abrasive wear, fatigue wear, dissipation, energy of destruction, power criterion, synergetic model, durability, aging, rubber lining.

**Постановка проблемы.** Практика применения в качестве футеровки барабанов мельниц резины, показывает, что применение такой футеровки имеет ряд преимуществ, а именно: уменьшение веса, увеличение срока службы, уменьшение шума и т.д.; также доказано что применение резиновой футеровки снижает расход мелющих тел на 10 %, расход электроэнергии на 7-10 % и повышает раскрытие рудных зёрен на (1,8-3,0) %: при этом отсутствуют чёткие, конкретные методики расчёта параметров футеровок [1].

В известной литературе [1-3] при проектировании футеровки не учитывается вид и характер износа материала, вместе с тем эти факторы влияют на долговечность футеровки. Несмотря на многие виды износов, которым подвержена резиновая футеровка, наиболее опасным является усталостный износ, возникающий вследствие многократного вдавливания загрузки (измельчаемый материал и шары) мельницы, то есть старение резины.

Существующие методики расчёта не учитывают особенности реальной эксплуатации, что особенно важно при оценке остаточного ресурса действующей футеровки и прогнозирования долговечности новой. Применение такого подхода при расчётах РФ на сопротивление усталости не позволяет учесть влияние реальной истории нагружения на процесс накопления повреждений, а при расчётах параметров футеровки не рассмотренными остаются многие особенности накопления и роста усталости материала.

**Анализ исследований и публикаций.** Проблеме исследования абразивного и усталостного износа посвящены работы таких ученых как С.И. Дымников,