

УДК 621.735; 621.785

**С.Н. Лежнев<sup>1</sup>, А.Б. Найзабеков<sup>1</sup>, Е.А. Панин<sup>2</sup>, Д.В. Куис<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Руднеский индустриальный институт, г. Рудный, Казахстан

<sup>2</sup>Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан

<sup>3</sup>Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАГОТОВОК ИЗ СТАЛИ МАРКИ 7ХГ2ВМ, ПРОДЕФОРМИРОВАННЫХ В БОЙКАХ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ, РЕАЛИЗУЮЩИХ ЗНАКОПЕРЕМЕННУЮ ДЕФОРМАЦИЮ**

*Аннотация.* Данная работа посвящена изучению механических свойств заготовок из стали марки 7ХГ2ВМ продеформированных в бойках новой конструкции, реализующих знакопеременные деформации во всем объеме деформируемого металла без существенного изменения исходных размеров.

**S.N. Lezhnev<sup>1</sup>, A.B. Naizabekov<sup>1</sup>, E.A. Panin<sup>2</sup>, D.V. Kuis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Rudny Industrial Institute, Rudny, Kazakhstan

<sup>2</sup>Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan

<sup>3</sup>Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

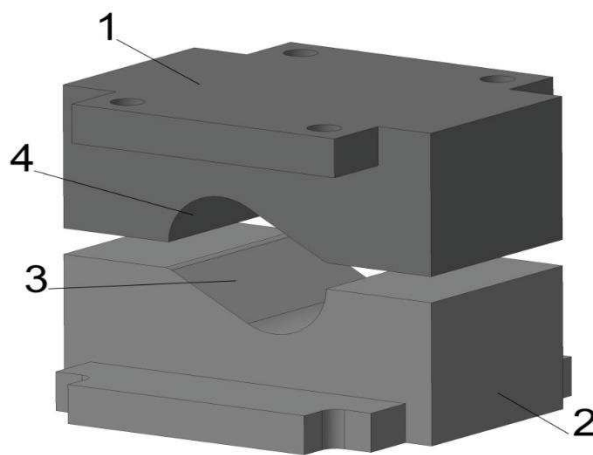
## **INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF 7HG2VM STEEL BLANKS, SHAPED IN STRIKERS OF A NEW DESIGN, REALIZING ALTERNATING DEFORMATION**

*Annotation.* This work is devoted to the study of the mechanical properties of 7HG2VM steel blanks formed in strikers of a new design, realizing alternating deformations in the entire volume of the deformable metal without a significant change in the original dimensions.

Мировые тенденции развития металлургической и машиностроительной отрасли таковы, что потребители металлопродукции предъявляют все более высокие требования к характеристикам материалов, которые используются для ее изготовления. Одним из основных способов повышения механических и эксплуатационных свойств отлитого металла является горячая обработка давлением, и в частности ковка. При этом одной из основных операцийковки при получении длинномерных поковок является протяжка. Одним из основных направлений совершенствования процессов проковки литого металла является применение новых технологических процессов, позволяющих развивать во всем объеме деформируемого металла дополнительные знакопеременные (сдвиговые) деформации при несущественном изменении исходных

размеров заготовки. И в первую очередь на практике это достигается путем совершенствования конфигурации кузнечного инструмента.

Ранее нами был разработан новый кузнечный инструмент (рис. 1) дляковки поковок и заготовок круглого поперечного сечения [1]. И было проведено компьютерное моделирование в программном комплексе DEFORM ковки поковок в предложенном кузнечном инструменте, которое позволило определить оптимальные технологические и геометрические параметрыковки в данном кузнечном инструменте [2]. Также было исследовано и влияние процессаковки в предложенном кузнечном инструменте на эволюцию микроструктуры стали марки 7ХГ2ВМ [3]. Анализ результатов металлографических исследований показал, что развитие значительных знакопеременных деформаций во всем объеме деформируемого тела, при деформировании заготовок из стали 7ХГ2ВМ в предлагаемом кузнечном инструменте позволяет лучше прорабатывать литую структуру металла с получением мелкого равноосного зерна по всему объему деформированной заготовки без существенного изменения ее исходных размеров по сравнению с ковкой аналогичных заготовок по действующей технологии в плоских бойках.



1 – верхний боек; 2 – нижний боек; 3 – наклонная рабочая поверхность нижнего бойка; 4 – радиусная рабочая поверхность бойка, выполненная в виде сегмента окружности

**Рис. 1 – Конструкция инструмента для протяжки заготовок**

Целью данной работы было исследование механических свойств заготовок из стали марки 7ХГ2ВМ продеформированных в бойках новой конструкции, реализующих знакопеременные деформации во всем объеме деформируемого металла без существенного изменения исходных размеров.

Для достижения поставленной задачи был проведен лабораторный эксперимент по деформированию заготовок в бойках предлагаемой конструкции, реализующих знакопеременную деформацию. Для данного лабораторного эксперимента были подготовлены заготовки из стали марки 7ХГ2ВМ размерами  $D \times L = 40 \times 250$  мм. Для восстановления начальной структуры заготовок из стали 7ХГ2ВМ их перед деформированием подвергали отжигу при температуре  $780^{\circ}\text{C}$  с выдержкой 40 минут в камерной печи сопротивления.

Деформирование заготовок осуществляли следующим образом. Заготовки нагревали до температуры началаковки  $1000^{\circ}\text{C}$ , а затем их подавали в бойки новой конструкции и деформировали по схеме, приведенной в работе [2]. Далее, чтобы приблизить форму поперечного сечения продеформированной заготовки к круглой, нами была осуществлена серия обжатий заготовки в данных бойках с кантовкой ее на  $45^{\circ}$  сначала, а потом и на  $30^{\circ}$ . В результате были получены заготовки с формой поперечного сечения приближенной к кругу, и имеющие диаметр (усредненный) 31,4 мм.

Для проведения сравнительного анализа вторая партия заготовок из стали марки 7ХГ2ВМ аналогичного типоразмера была подвергнута протяжке в плоских бойках до диаметра 31,4 мм, т.е. с уклоном 1,62.

После деформирования из 3-х партий заготовок из стали 7ХГ2ВМ (откованных по предлагаемой технологии в новом кузнечном инструменте; по действующей технологии в плоских бойках; исходных) были изготовлены стандартные образцы на растяжение форма и размеры которых соответствовали ГОСТ 1497-84, и на ударную вязкость форма (концентратором вида U) и размеры которых соответствовали ГОСТ 9454-78. Испытание образцов на растяжение вели на универсальной электромеханической испытательной машине Shimadzu AG 100kNx в условиях Национальная научная лаборатория коллективного пользования по приоритету «Технологии для углеводородного и горно-металлургического секторов и связанных с ними сервисных отраслей» при АО «Институт металлургии и обогащения». Исследование ударной вязкости осуществляли на маятниковом копре ZBC2152 (SANS Group Company, Китай) в условиях Лаборатории кафедры «Обработка металлов давлением» Карагандинского индустриального университета. Все испытания, для исключения систематических ошибок, дублировались по 3-и раза.

Результаты исследования механических свойств заготовок из стали марки 7ХГ2ВМ до и после деформирования по предлагаемой

технологии в бойках новой конструкции и по действующей технологии в плоских бойках приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Механических свойств заготовок из стали марки 7ХГ2ВМ**

Инструмент	Свойство	Средние значения свойств	
		исходные	после деформирования
бойки новой конструкции	предел текучести $\sigma_T$ , МПа	348	479
	предел прочности $\sigma_B$ , МПа	495	675
	относительное удлинение $\delta$ , %	21,4	16,9
	ударная вязкость КСУ, Дж/м <sup>2</sup>	38,2	76,3
плоские бойки	предел текучести $\sigma_T$ , МПа	348	452
	предел прочности $\sigma_B$ , МПа	495	631
	относительное удлинение $\delta$ , %	21,4	14,3
	ударная вязкость КСУ, Дж/м <sup>2</sup>	38,2	59,1

Результаты механических испытаний показывают, что прочностные свойства стали 7ХГ2ВМ, продеформированной по предлагаемой и действующей технологиям в обоих случаях выросли. При этом предел текучести и предел прочности стали 7ХГ2ВМ, продеформированной по предлагаемой технологии в бойках новой конструкции, реализующих знакопеременную деформацию на 6-7% выше, чем эти же показатели у заготовки, деформированной в плоских бойках. Пластическая же характеристика (относительное удлинение) стали 7ХГ2ВМ, продеформированной по предлагаемой и действующей технологиям в обоих случаях уменьшилась. Но при этом пластическая характеристика заготовок, продеформированных в новых бойках, в среднем на 18% выше, полученных при ковке по действующей технологии в плоских бойках. В процессе изучения ударной вязкости металла, деформированного по выше приведенным схемам было выявлено, что склонность к хрупкому разрушению металла, откованного в новых бойках, реализующих знакопеременную деформацию, снижается в среднем на 29% по сравнению с заготовками полученными в плоских бойках.

**Вывод:** Результаты исследования механических свойств, полученные в процессе опытнойковки заготовок, доказывают, что развитие значительных знакопеременных деформаций во всем объеме деформируемого тела, при деформировании заготовок в предлагаемом

кузнечном инструменте, положительно влияет на изменение механических свойств полученных заготовок круглого поперечного сечения. Так анализ изменения механических свойств стали 7ХГ2ВМ после деформирования ее по предлагаемой технологии в бойках новой конструкции и в плоских бойках показал, что при деформировании данной марки стали по новой технологии прочностные характеристики в среднем на 6-7% выше, чем у данной стали продеформированной по действующей технологии. При этом при деформировании заготовок из стали 7ХГ2ВМ по предлагаемой технологии наблюдается меньшее падение пластических свойств, чем при деформировании их в плоских бойках, что положительно влияет на качество получаемых заготовок.

*Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант № АР09259236).*

#### **Список использованных источников**

1. Патент на полезную модель РК №5700. Инструмент для протяжки заготовок. Волокитина И.Е., Найзабеков А.Б., Лежнев С.Н., Панин Е.А., Волокитин А.В. 2020. Бюл.52.

2. Lezhnev S., Naizabekov A., Panin E., Kuis D., Stepankin I. Разработка и компьютерное моделирование новой технологииковки с дополнительным макросдвигом// XVIII International Congress «Machines, Technologies, Materials», Bulgaria, Proceedings, 2021, Volume III. – p.282-286.

3. Лежнев С.Н. Эволюция микроструктуры экономнолегированной стали 7ХГ2ВМ в процессековки в инструменте новой конструкции, реализующем сдвиговые деформации// Сборник статей 2-й Международной конференции «Современные проблемы и направления развития металло-ведения и термической обработки металлов и сплавов», Курск, 2021. – С. 52-56.