



УДК 669.84.244

Поступила 09.02.2018

## СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ

*Т. А. АХМЕТОВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: metiz.to@bmz.gomel.by,  
В. А. ХАРИТОНОВ, АО «НИЦ «Строительство». E-mail: victor\_har@mail.ru,  
Ю. И. КОЗЫРЕВА, А. В. МАЗАНИК, Л. В. ЛОКТИОНОВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37.  
E-mail: zamk.stpc3@bmz.gomel.by*

*В статье рассмотрены вопросы использования устройства для снятия напряжений при производстве холоднодеформированной арматуры диаметром 10 мм, которое позволяет повысить ее пластические характеристики. Пластичность или деформативность является комплексной характеристикой арматуры, которая напрямую влияет на безопасность зданий и сооружений.*

*С точки зрения современного понимания работы арматуры в железобетоне в качестве характеристик пластичности используют два показателя: отношение временного сопротивления разрыву к пределу текучести и полное относительное удлинение при максимальной нагрузке – отношение предела прочности к пределу текучести.*

*Традиционные технологии позволяют стабильно получать холоднодеформированную арматуру только класса пластичности «А». Применение специальных видов профиля и «нетрадиционных» устройств снятия напряжения потенциально позволит освоить производство холоднодеформированной арматуры класса пластичности «В».*

*Ключевые слова.* Холоднодеформированная арматура, арматурная сталь, пластичность, энергетический потенциал.

## METHODS OF INCREASING THE PLASTIC PROPERTIES OF COLD-WORKED REINFORCEMENT

*T. A. AKHMETOV, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin City, Gomel Region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: metiz.to@bmz.gomel.by,  
V. A. KHARITONOV, JSC «Research and Development Center «Construction». E-mail: victor\_har@mail.ru,  
Yu. I. KOZYREVA, A. V. MAZANIK, L. V. LOKTIONOVA, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin City, Gomel Region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: zamk.stpc3@bmz.gomel.by*

*The article discusses the use of a device for stress relieving in the manufacture of cold-shaped reinforcement armature with a diameter of 10 mm, which makes it possible to increase its plastic characteristics. Ductility or deformability is a complex characteristic of the reinforcement, which directly affects the safety of buildings and structures.*

*From modern understanding point of view of the operation of reinforcement in reinforced concrete two characteristics are used for the ductility characteristics: the ratio of the time resistance to rupture to the yield point and the total relative elongation at maximum load ratio of tensile strength to yield strength*

*Traditional technologies allow to produce stable cold-formed reinforcement armature only of the ductility class «A». Application of special types of profile and «non-traditional» relief devices potentially will allow the production of cold-worked reinforcement armature of class of ductility «B».*

*Keywords.* Cold-shaped reinforcement, reinforcing steel, ductility, energy potential.

Холоднодеформированная арматура класса 500 МПа обладает комплексом качественных характеристик, позволяющей ей оставаться на строительном рынке востребованным армирующим материалом для ненапрягаемых железобетонных конструкций. При этом низкие пластические свойства холоднодеформированной арматуры, которые обусловлены технологическими режимами, накладывают определенные ограничения на ее применение.

Пластичность или деформативность является комплексной характеристикой арматуры, которая напрямую влияет на безопасность зданий и сооружений. С точки зрения современного понимания работы

арматуры в железобетоне в качестве характеристик пластичности используют два показателя: отношение временного сопротивления разрыву к пределу текучести ( $\sigma_B/\sigma_{0,2}$ ) и полное относительное удлинение при максимальной нагрузке ( $A_{gr}$ ). Именно по данным показателям в большинстве европейских стран нормируются классы пластичности арматуры: от арматуры с обычной пластичностью до сейсмостойкой арматуры\* (табл. 1) [1].

Таблица 1. Классификация арматуры по пластическим характеристикам

Класс пластичности арматуры	500A	500B	500C
Условный предел текучести, МПа	500		
Полное относительное удлинение, %	$\geq 2,5^*$	$\geq 5,0^*$	$\geq 7,5^*$
Отношение предела прочности к пределу текучести	$\geq 1,05^*$	$\geq 1,08^*$	$\geq 1,15^*$ $\leq 1,35^*$

\* Требования в правленном состоянии (для прутков).

Традиционные технологии позволяют стабильно получать холоднодеформированную арматуру только класса пластичности «А». Для повышения пластичности арматуры в работе [2] был использован блок снятия напряжений, который показал возможность повышения показателя отношение временного сопротивления разрыву к пределу текучести до класса пластичности «В». Испытания данного устройства проводили при изготовлении холоднодеформированной арматуры диаметром 8,0 мм.

Для продолжения работы было изготовлено устройство снятия напряжений для холоднодеформированной арматуры диаметром 10,0 мм. Нанесение профиля на катанку проводили по действующей технологии в 6-роликовой неприводной прокатной клети. Удаление окалина осуществляли в роликовом окалиноломателе. Испытания арматуры выполняли на разрывной машине BT1-FR250SN. A4K фирмы ZWICK (Германия) по стандартам ISO 15630-1:2010, ISO 6892-1:2009. Перед испытанием арматуру подвергали искусственному старению при температуре 100 °С в течение 1 ч. Полное относительное удлинение при максимальной нагрузке определяли ручным способом. Результаты испытаний арматуры приведены в табл. 2.

Таблица 2. Среднестатистические результаты испытаний арматуры диаметром 10,0 мм

Технологический режим	Количество испытаний	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B/\sigma_{0,2}$	$A_{gr}$ , %
С блоком для снятия напряжений	157	600	551	1,088	4,7
Стандартная технология	132	591	549	1,078	4,8
Требования (в неправленном состоянии)	Класс А		$\geq 525$	$\geq 1,06$	$\geq 3,2$
	Класс В		$\geq 525$	$\geq 1,09$	$\geq 5,9$

Анализ результатов испытаний показывает, что использование блока снятия напряжений позволяет существенно повысить показатель  $\sigma_B/\sigma_{0,2}$ , величина которого приближается к классу пластичности «В». Взаимосвязи технологического режима и полного относительного удлинения не выявлено. Дальнейший анализ изменений физико-механических свойств и напряженного состояния арматуры в устройстве снятия напряжений планируется проводить с помощью методов математического моделирования.

Повышение показателя  $\sigma_B/\sigma_{0,2}$  и получение необходимой величины полного относительного удлинения возможно за счет изменения геометрических параметров арматуры, так как существующий трехсторонний периодический профиль не позволяет вести холодную прокатку с обжатиями менее 15–18%. Это обусловлено необходимостью получения геометрических параметров, обеспечивающих нужную анкерровку арматуры в бетоне.

Для решения данной проблемы предлагается использовать четырехсторонний периодический профиль (см. рисунок)\*\*.

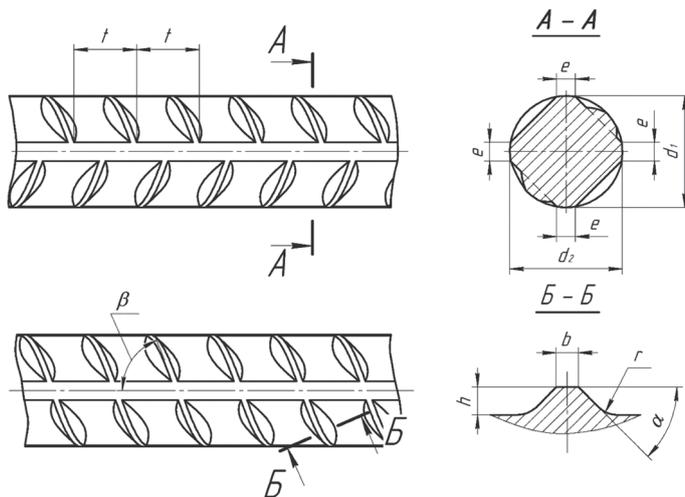
Согласно формуле:

$$S_{r4} = 0,5S_{r2}, S_{r4} = \frac{1}{3}S_{r3},$$

где  $S_{r2}$ ,  $S_{r3}$  и  $S_{r4}$  – значения площади проекции ребра на плоскость, перпендикулярную продольной оси стержня. Формообразование четырехстороннего периодического профиля позволяет снизить удель-

\* EN 1992-1-1:2004 (Еврокод 2); DIN 488-1:2009-08; ONORM B 4707-2014.

\*\* СТО 36554501-053-2017. Холоднодеформированная арматура Вр500 для армирования бетона и кладки.



Арматура четырехстороннего периодического профиля

ные обжатия на один валок в сравнении с двух- и трехсторонним профилем.

Из формулы видно, что при одном и том же значении  $f_r$  относительная деформация на один валок для четырехстороннего профиля меньше, чем для двух- и трехстороннего профилей в 2,0 и 1,3 раза соответственно. Это позволит не только повысить конечные пластические свойства готовой арматуры, что очень важно для применяемой технологии холодного упрочнения, но и уменьшить износ рабочего инструмента за счет снижения удельного давления на его рабочую поверхность.

Симметричное по двум взаимно перпендикулярным осям обжатие уменьшает долю металла, идущего в уширение при формообразовании в калибре при нанесении профиля, что повышает

точность готового профиля по овальности без дополнительного подготовительного прохода и позволяет прогнозировать использование для нанесения профиля круглого сечения. Это может существенно упростить технологический процесс и снизить дополнительные затраты на инструмент и оборудование.

Для сохранения позиций, достигнутых холоднодеформированной арматурой на строительном рынке, необходимо увеличивать область ее применения. Это может быть достигнуто только применением дополнительных устройств, позволяющих повысить пластические свойства. Применение специальных видов профиля также даст возможность повысить пластические свойства холоднодеформированной арматуры. Объединения данных направлений позволят освоить холоднодеформированную арматуру класса пластичности «В».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметов Т. А., Радькова И. Н., Локтионова Л. В. Современные тенденции в развитии технологии производства холоднодеформированной арматурной стали // *Литье и металлургия*. 2014. № 2. С. 65–67.
2. Ахметов Т. А., Бобарикин Ю. Л., Чикишев Я. В., Старков Н. В., Локтионова Л. В., Радькова И. Н. Применение устройства для повышения пластических свойств холоднодеформированной арматуры // *Литье и металлургия*. 2016. № 2. С. 64–68.

## REFERENCES

1. Akhmetov T. A., Radkova I. N., Loktionova L. V. Sovremennyye tendentsii v razvitii tehnologii proizvodstva choldnodeformirovannoy armaturnoy stali [Current trends in the development of the technology of production of cold-worked reinforcing steel]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2014, no. 2, pp. 65–67.
2. Akhmetov T. A., Bobarikin Yu. L., Chikishev Ya. V., Starkov N. V., Loktionova L. V., Radkova I. N. Primenenie ustroystva dlya povysheniya plasticheskikh svoystv holodnodeformirovannoy armatury [Use of the device to increase the plastic properties of cold-worked reinforcement]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2016, no. 2, pp. 64–68.