



УДК 669.

Поступила 20.05.2016

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХОЛДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ USE OF THE DEVICE TO INCREASE THE PLASTIC PROPERTIES OF COLD-SHAPED FITTINGS

Т. А. АХМЕТОВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: pwd.icm@bmz.gomel.by,

Ю. Л. БОБАРИКИН, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Гомель, Беларусь, пр. Октября, 48,

Я. В. ЧИКИШЕВ, Н. В. СТАРКОВ, Л. В. ЛОКТИОНОВА, И. Н. РАДЬКОВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Беларусь, ул. Промышленная, 37.

T. A. AKHMETOV, JSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: pwd.icm@bmz.gomel.by,

Yu. L. BOBARIKIN, Gomel State Technical University named after P. O. Sukhoj, Gomel, Belarus, 48, Oktober ave.,

Ya. V. CHIKISHEV, N. V. STARKOV, L. V. LOKTIONOVA, I. N. RADKOVA, JSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str.

В статье рассмотрены вопросы влияния отношения предела текучести и полного относительного удлинения при максимальной нагрузке на энергию деформации до разрушения. Использование блока снижения внутренних напряжений при производстве холоднодеформированной арматуры позволяет существенно повысить ее пластические свойства, т. е. энергетический фактор. При этом совмещение такого устройства с рихтовальным устройством по аналогии с проволокой тонких диаметров, а также минимизация удельных обжатий открывают перспективы для получения всех необходимых параметров арматуры класса «В», полученной холодной прокаткой.

The subjects of influence of the relationship of a limit of fluidity and full relative lengthening at the maximum load on deformation energy before destruction are considered in the article. Use of the block to decrease of internal tension in production of cold-shaped fittings allows to increase significantly its plastic properties, i. e. a power factor. At the same time combination of such device with the straightening unit similar to one used in production of thin wire and also minimization of specific reduction opens prospects for obtaining all necessary parameters of the fittings of a class «B» produced by cold rolling.

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

Keywords. Cold-shaped fittings, reinforcing steel, plasticity, energy potential.

Армированный бетон или железобетон остается на протяжении многих лет самым востребованным материалом в строительстве. Современные тенденции в строительстве, в том числе и для строительства высотных зданий, направлены на развитие технологий сборного железобетона и технологий несъемной опалубки [1].

Повышение прочности бетона при растяжении и устранение хрупкости разрушения достигается введением в его матрицу длинномерных или дисперсных армирующих наполнителей различной природы.

Наиболее распространенным армирующим материалом для ненапрягаемых железобетонных конструкций на сегодняшний день является арматурная сталь класса 500 МПа. Использование арматурной стали периодического профиля позволяет существенно повысить прочность ее сцепления с бетоном. Прочностные характеристики стали определяют механические свойства бетона. Арматура класса 500 МПа обеспечивает необходимую прочность сооружения и экономию металла в сравнении с арматурой более низких классов.

Наряду с необходимыми прочностными характеристиками и прочностью сцепления с бетоном арматура должна обладать определенным запасом пластичности, который позволяет исключить лавино-



Рис. 1. Кривая растяжения арматуры

Высокопластичный металл имеет свойство нелинейно и существенно упрочняться при растяжении, т. е. увеличивать собственную прочность [2]. Пластические свойства арматуры можно определить с точки зрения энергетического потенциала (энергетического фактора) (рис. 1). Площадь закрашенной области численно равна энергии пластической деформации. Чем больше эта площадь, тем выше пластичность и наоборот.

Как видно из рисунка, наряду с пределом текучести на энергию деформации до разрушения оказывают влияние отношение предела прочности к пределу текучести и полное относительное удлинение при максимальной нагрузке.

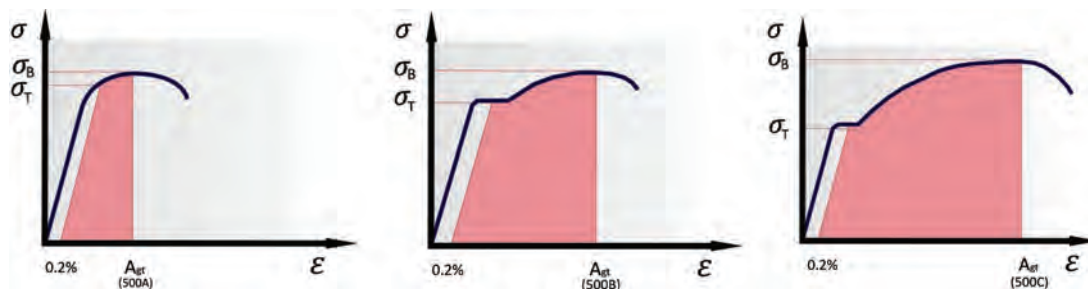
Как известно, в Европейской норме EN 1992 (Еврокод 2) определены три класса пластичности арматуры: A, B и C. При идентичном пределе текучести данные классы арматуры имеют существенную разницу в пластических свойствах и, как следствие, в энергетическом факторе (рис. 2).

Очевидно, что наименьшей пластичностью обладает арматура марки B500A. Традиционная технология получения такой арматуры заключается в холодном деформировании катанки с величиной удельного обжатия в пределах 15–30%. Такая величина деформации позволяет, с одной стороны, получить необходимый предел текучести и с другой – сформировать определенный периодический профиль. При этом неизбежно снижаются пластические свойства металла. Наряду с данным недостатком комплекс эксплуатационных свойств холоднодеформированной арматуры позволяет ей оставаться востребованным продуктом на строительном рынке. Освоение холоднодеформированной арматуры более высокого класса пластичности – одна из актуальных задач современного производства [3].

Для повышения пластических свойств холоднодеформированной арматуры большинство ведущих производителей оснащают станы для холодной прокатки устройствами знакопеременного изгиба – рихтовками (рис. 3), которые позволяют за счет многократного знакопеременного изгиба перераспределять внутренние напряжения в арматуре и повысить ее пластические свойства.

Данные устройства дают возможность обеспечить необходимый уровень пластических свойств в соответствии с требованиями класса «А».

Для обеспечения специальных свойств проволоки тонких диаметров рихтовальные устройства дополнительно оснащаются блоками снятия напряжений и регулировки диаметра кольца (рис. 4).



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	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$
			$\leq 1,35$

Рис. 2. Энергетический фактор арматурной стали

образное разрушение даже в случаях аварийных нагрузок за счет возможности образования шарниров пластичности и перераспределения усилий в статически неопределимых конструкциях зданий.

В современном производстве холоднодеформированной арматуры остается актуальной проблема повышения пластических свойств холоднодеформированной арматуры при сохранении достаточной прочности.

Целью исследований является исследование механических свойств холоднодеформированной арматуры, апробирование и применение специального роликового блока для повышения пластических свойств холоднодеформированной арматуры.



Рис. 3. Рихтовальное устройство станов холодной прокатки фирмы «Promostar S.r.l.» (а)¹; «Eurolls S.p.A.» (б)²

Как показала практика, применение таких устройств значительно повышает пластические свойства проволоки тонких диаметров, что позволило предположить возможность использования дополнительного блока снятия напряжения и для производства арматуры.

Для проведения эксперимента был выбран волочильный арматурный стан, где возможно получение необходимого изгиба. Результаты испытаний арматуры трехстороннего периодического серповидного профиля диаметром 8,0 мм, изготовленной из одного бунта катанки диаметром 9,0 мм с блоком для снятия напряжений и без него, приведены в таблице и на рис. 5. Рихтовальное устройство при эксперименте не задействовали. Блок снятия напряжений устанавливали непосредственно перед намоточным устройством. Нанесение профиля на катанку осуществляли в 6-роlikовой неприводной прокатной клети. Удаление окалины осуществляли в роликном окатиноломателе. Испытания арматуры проводили 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.



Рис. 4. Правильно-рихтовальное устройство фирмы Witel-Albert GmbH³

Среднестатистические результаты испытаний арматуры диаметром 8,0 мм

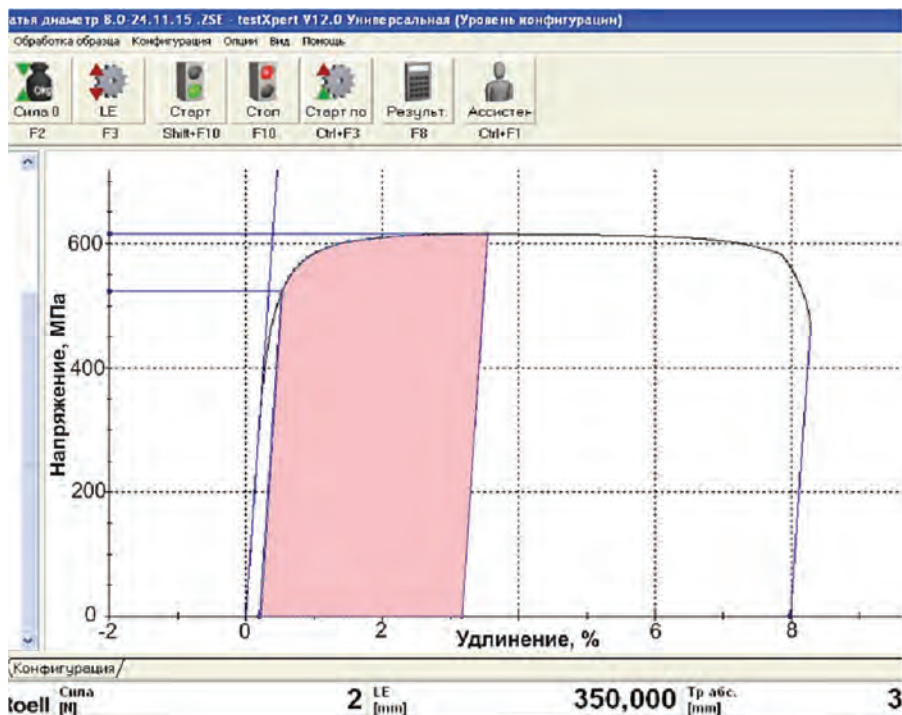
	Количество испытаний	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_b/\sigma_{0,2}$	A_{gt} , %
Без блока для снятия напряжений	10	648	604	1,07	1,8
С блоком для снятия напряжений (без рихтовального устройства)	10	624	559	1,12	4,0
Многороликовое рихтовальное устройство	257	607	558	1,09	4,5

Как видно из приведенных данных, использование блока снижения внутренних напряжений при производстве холоднодеформированной арматуры позволяет существенно повысить ее пластические

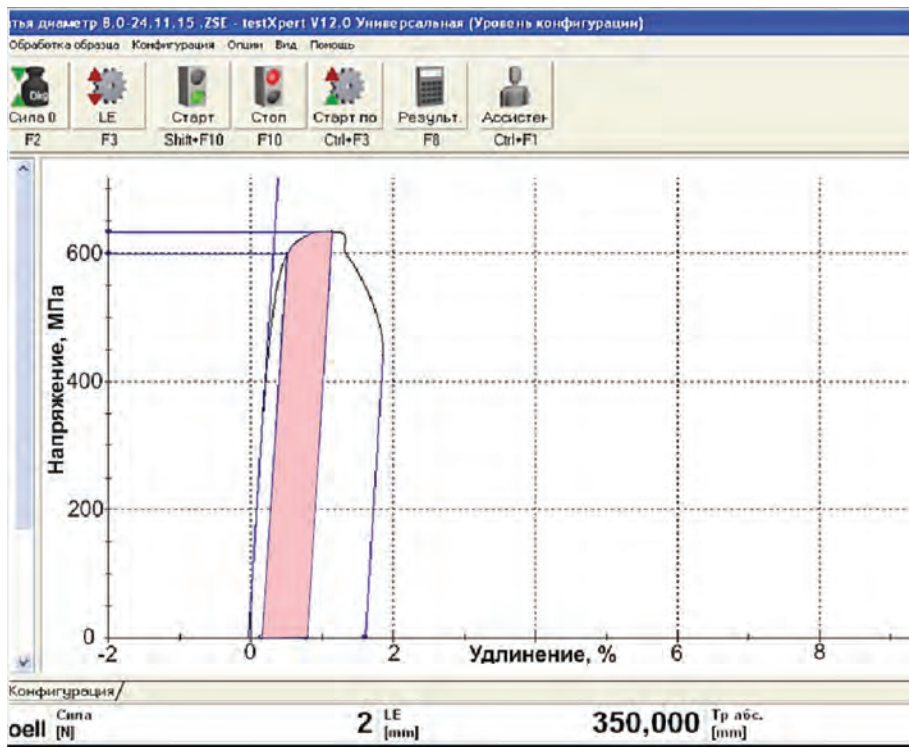
¹ <http://www.promostar.it/en>.

² <http://www.eurolls.com/en>.

³ http://www.witels-albert.com/index_engl.html.



a



б

Рис. 5. Характерные диаграммы растяжения арматуры диаметром 8,0 мм: *a* – без блока снятия напряжений; *б* – с блоком снятия напряжений

свойства, т. е. энергетический фактор. Эффект роста пластичности холоднодеформированной арматуры при обработке в рихтовальных устройствах объясняется структурными изменениями стали на уровне зерен или кристаллитов. Так, обработка арматуры в рихтовке сопровождается знакопеременными нагрузками в металле. При деформации металла в одном направлении, как и при любой пластической деформации металла, в первую очередь пластически деформируются зерна металла с благоприятной ориентацией. Благоприятная ориентация зерна определяется совпадением плоскости скольжения зерна с максимальным касательным напряжением в объеме металла. При деформации металла в другом на-

правления (в последующем ролик рихтовки) указанные зерна получают упругие деформации обратного знака за счет снятия упругой деформации в соседних зернах. Поэтому при последующем нагружении в обратном направлении потребуется уже меньшее внешнее напряжение для пластической деформации описываемых зерен, так как внутренние упругие напряжения будут способствовать пластической деформации этих зерен, т. е. предел текучести металла уменьшится, а пластичность возрастет.

При сравнении результатов испытаний с традиционной технологией обращает на себя внимание повышение показателя $\sigma_B/\sigma_{0,2}$, величина которого соответствует классу пластичности «В». При этом необходимо отметить снижение полного относительного удлинения при использовании только блока для снятия напряжения. Очевидно, что, как и при производстве проволоки тонких диаметров, для арматуры, кроме блока перераспределения напряжений, необходимо дополнительно использовать рихтовальное устройство.

При этом совмещение такого устройства с рихтовальным устройством по аналогии с проволокой тонких диаметров, а также минимизация удельных обжатий открывает перспективы для получения всех необходимых параметров арматуры класса «В», полученной холодной прокаткой.

Литература

1. Звездов А. И., Снимщиков С. В., Харитонов В. А., Суриков И. Н. Проблемы и пути развития современного железобетона // Бетон и железобетон. 2015. № 4.
2. Харитонов В. А., Нахтиял С. О. Возможности оперативной организации производства и применения в России арматурного проката с европейскими требованиями качества и эффективности // ЖБИ и конструкции. 2011. № 3. С. 54–61.
3. 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.

References

1. Zvezdov A. I., Snimshnikov S. V., Haritonov V. A., Surikov I. N. Problemy i puti razvitija sovremennogo zhelezobetona [Problems and ways of modern reinforced concrete]. *Beton i zhelezobeton = Concrete and reinforced concrete*, 2015, no. 4.
2. Haritonov V. A., Naxhijaj S. O. Vozmozhnosti operativnoj organizacii proizvodstva i primeneniya v Rossii armaturnogo prokata s evropejskimi trebovanijami kachestva i jeffektivnosti [The possibility of operational organization of production and use in Russia rebar with European standards of quality and efficiency]. *ZhBI i konstrukcii = Concrete products and structures*, 2011, no. 3, pp. 54–61.
3. Akhmetov T. A., Radkova I. N., Loktionova L. V. Sovremennye tendencii v razvitii tehnologii proizvodstva holodnodeformirovannoj armaturnoj stali [Modern trends in the development of production technology of cold steel reinforcement]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and Metallurgy*, 2014, no. 6, pp. 65–67.