

Влияниековки в бойках новой конструкции, реализующих знакопеременные деформации, на структуру и механические свойства стали 5XB2C*

Лежнев С.Н., Найзабеков А.Б.,
Волокитина И.Е., Панин Е.А.
Рудненский индустриальный институт
Г. Рудный, Казахстан
Sergey_legnev@mail.ru

Куис Д.В.
Белорусский государственный
технологический университет
Минск, Беларусь

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию процесса деформирования заготовок круглого поперечного сечения из стали марки 5XB2C в бойках, реализующих знакопеременные деформации. Анализ результатов проведенных исследований показывает, что развитие значительных знакопеременных деформаций, при деформировании заготовок из стали 5XB2C в предлагаемом кузнечном инструменте, позволяет лучше прорабатывать исходную структуру металла с получением мелкого равноосного зерна по всему объему деформированной заготовки по сравнению с ковкой аналогичных заготовок по действующей технологии в плоских бойках, что способствует достижению в продеформированных заготовках более лучших механических свойств.

Ключевые слова: ковка, сталь, знакопеременная деформация, кузнечный инструмент, микроструктура, механические свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Применяемые в настоящее время в кузнечно-прессовом производстве технологииковки и оборудование для их реализации, чаще всего уже давно устарели и требуют усовершенствования и модернизации. Так как они в большинстве случаев малоэффективны и не обеспечивают получение поковок и заготовок заданного качества, или же обеспечивают, но при значительных энерго- и трудозатратах.

Так, например, одна из основных кузнечных операций – протяжка, очень часто реализуемая в настоящее время в действующих кузнечно-прессовых цехах до сих пор в плоских бойках, протекает не только в условиях неравномерного течения металла по высоте, но и при значительных растягивающих напряжениях, вследствие наличия сил трения на контактной поверхности. Все это существенно снижает качество получаемых поковок и заготовок.

Поэтому уже не одно десятилетие основным направлением совершенствования процессов проковки литого металла является достижение в нем однородности напряженного и деформированного состояний, воздействием, обеспечивающим реализацию сдвиговых или знакопеременных деформаций во всем объеме деформируемого металла. Например, это может быть достигнуто совершенствованием конфигурации кузнечного инструмента [1-17].

Целью данной работы являлось исследование влияния процессаковки в бойках новой конструкции, реализующих знакопеременные деформации во всем объеме деформируемой заготовки круглого поперечного сечения, на структуру и механические свойства экономнолегированной стали марки 5XB2C.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Лабораторный эксперимент по деформированию заготовок в бойках новой конструкции, реализующих знакопеременную деформацию, был проведен на базе лаборатории кафедры «Обработка металлов давлением» Карагандинского индустриального университета на гидравлическом прессе ПБ 6330-02 усилием 1000 кН.

Для проведения лабораторного эксперимента по изучению влияния новой технологииковки поковок в бойках новой конструкции на эволюцию микроструктуры и изменение механических свойств были подготовлены заготовки из экономнолегированной марки стали 5XB2C размерами $D \times L = 40 \times 250$ мм. Для восстановления начальной структуры заготовок из стали 5XB2C их перед деформированием подвергали отжигу при температуре 700°C с выдержкой 40 минут в камерной печи сопротивления [18].

Деформирование заготовок осуществляли следующим образом. Заготовки из стали 5XB2C нагревали до температуры началаковки 1000°C (в соответствии с результатами компьютерного моделирования полученными ранее [19]), а затем их подавали в бойки новой конструкции (рис. 1) и деформировали по схеме, представленной на рис. 2.

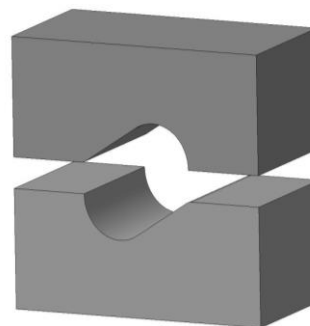


Рис. 1. Конструкция инструмента для протяжки заготовок

* Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант № AP09259236).
Статья публикуется по рекомендации программного комитета Всероссийской научно-технической конференции "Пром-Инжиниринг",
<https://icie-rus.org>

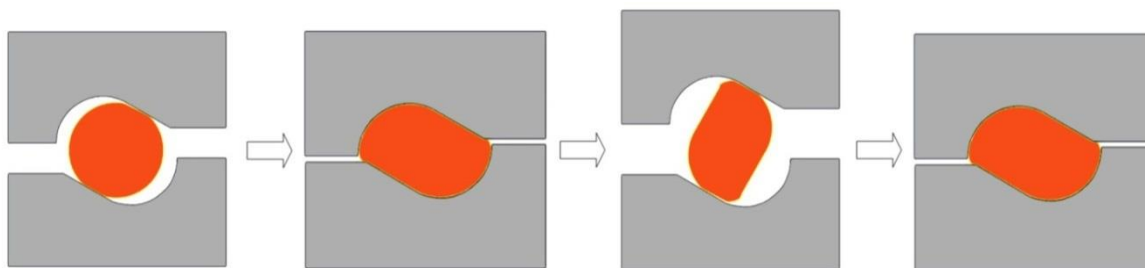


Рис. 2. Схема протяжки в бойках новой конструкции

Далее, чтобы приблизить форму поперечного сечения продеформированной заготовки к круглой, нами была осуществлена серия обжатий заготовки в данных бойках с кантовкой ее на 45° сначала, а потом и на 30°. В результате были получены заготовки с формой поперечного сечения приближенной к кругу, и имеющие диаметр 30,0 мм.

Для проведения сравнительного анализа вторая партия заготовок из стали марки 5XB2C аналогичного типоразмера была подвергнута протяжке в плоских бойках до диаметра 31,4 мм, т.е. с уковом 1,78.

Для изучения микроструктуры из всех продеформированных заготовок из стали 5XB2C на отрезном станке для влажной абразивной резки BRILLANT 230 ATM были вырезаны темплеты в продольном направлении, и подготовлены микрошлифы на полировально-шлифовальном станке SAPFIR 520. Также были подготовлены микрошлифы из исходных не деформированных (после отжига) заготовок. Подготовленные микрошлифы были протравлены в следующем реактиве: 10 мл 4%-ного спиртового раствора пикриновой кислоты, 10 мл 5%-ного спиртового раствора азотной кислоты [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Микроструктурный анализ подготовленных микрошлифов был проведен в Центре физико-химических методов исследования Белорусского государственного технологического университета на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610 LV. Данный анализ показал, что микроструктура недеформированной стали марки 5XB2C представляет собой равномерное распределение перлита и феррита в соотношении 63% и 47% соответственно (рис. 3).

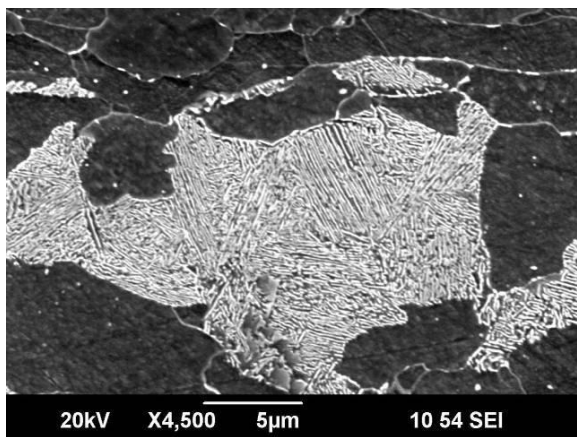
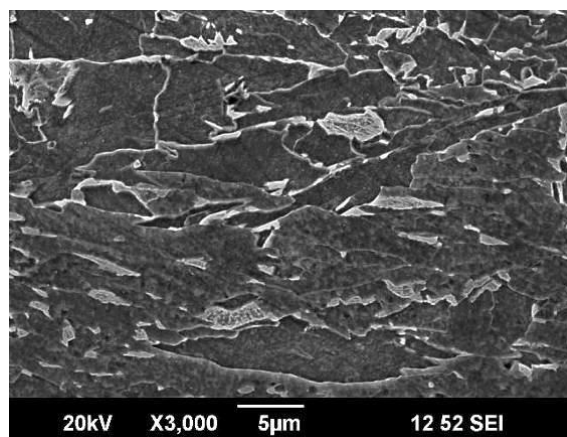


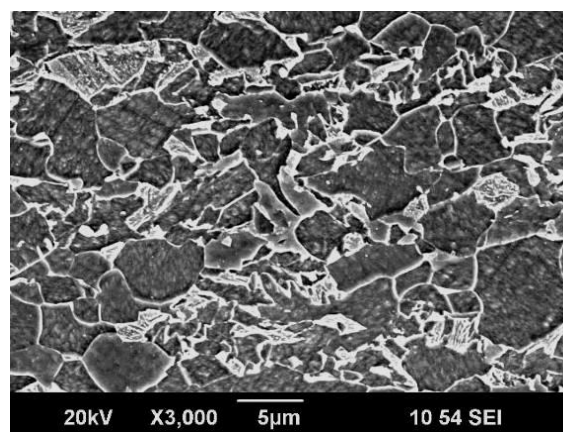
Рис. 3. Микроструктура стали марки 5XB2C в исходном состоянии (после гомогенизирующего отжига)

Зерна феррита имеют приблизительно равноосную форму и ровные границы. Перлит представляет собой темно травящиеся образования с нечетко выраженным пластинчатым строением. Проведенный предварительный отжиг за счет полной перекристаллизации металла позволил получить равноосную структуру. За счет отжига произошло полное снятие внутренних напряжений и данный металл обладает хорошей пластичностью и вязкостью, что так необходимо для проведения последующейковки.

Результаты исследования микроструктуры заготовок из стали марки 5XB2C после деформирования по предлагаемой технологии в бойках новой конструкции и по действующей технологии в плоских бойках приведены на рис. 4 и в табл. 1.



a



б

Рис. 4. Микроструктура стали марки 5XB2C послековки (продольное направление): *a* – плоские бойки, *б* – новый инструмент

Таблица 1
Результаты определения среднего размера зерна

Инструмент	Направление изучения	Исходный (средний) размер зерна, мкм	Средний размер зерна после деформации, мкм
бойки новой конструкции	поперечное	42	17
	продольное		18
плоские бойки	поперечное		32
	продольное		38

Послековки заготовок из стали 5XB2C по обеим технологиям полученная микроструктура сохранила свое феррито-перлитное состояние, но произошла ее фрагментация на более мелкие зерна с большим количеством дислокаций распределенных в основном по границам зерен.

Анализ микроструктуры продеформированных заготовок из стали марки 5XB2C показал, что ковка по действующей технологии в плоских бойках с уклоном 1,78 приводит к незначительному измельчению зерна, наблюдается неравномерное распределение структуры по различным направлениям, а также проявляется вытянутость в продольном направлении. При этом микроструктура характеризуется наличием как рекристаллизованных, так и деформированных зерен (рис. 4, а). Средний размер зерен составил 35 мкм.

Послековки заготовок из стали 5XB2C по предлагаемой технологии в новом кузнечном инструменте, реализующем знакопеременную деформацию, полученная структура является более однородной, но карбидные фазы распределены не равномерно в большинстве случаев по границам зерен. Структура перлитных колоний претерпела существенные изменения, пластины цементита имеют различную толщину, искажены и изогнуты, а в некоторых случаях разбиты на отдельные части. Средний размер зерен феррита и перлита составил 18 мкм (рис. 4, б).

Как известно изменение микроструктуры металла оказывает существенное влияние на его механические свойства. Поэтому на втором этапе исследований было изучено влияние процессаковки в инструменте новой конструкции, реализующем знакопеременные деформации, на механические свойства стали марки 5XB2C. Для этого из заготовок, продеформированных по предлагаемой и действующей технологиям, а также из исходных были изготовлены стандартные образцы на растяжение. Форма и размеры стандартных образцов на растяжение соответствовали ГОСТ 1497-84: Металлы. Методы испытаний на растяжение. Испытания образцов на растяжение были проведены в условиях Национальной научной лаборатории коллективного пользования при АО «Институт металлургии и обогащения» на электромеханической испытательной машине Shimadzu AG 100kNх. Для исключения систематических ошибок при испытаниях они дублировались по 3-и раза.

Усредненные значения механических свойств стали марки 5XB2C до деформирования (после отжига) и после деформирования по двум технологиям представлены в

табл. 2. Анализ результатов исследования механических свойств стали 5XB2C показал, что прочностные свойства данной марки стали, как и при ковке по предлагаемой в бойках, реализующих знакопеременную деформацию, так и при ковке по действующей технологии увеличились.

Таблица 2
Результаты определения среднего размера зерна

Инструмент	Свойство	Средние значения свойств	
		исходные	после деформации
бойки новой конструкции	предел текучести, МПа	834	1052
	предел прочности, МПа	912	1185
	относительное удлинение, %	15,1	12,3
плоские бойки	предел текучести, МПа	834	985
	предел прочности, МПа	912	1107
	относительное удлинение, %	15,1	11,2

Но в тоже время необходимо отметить, что предел текучести и предел прочности стали 5XB2C, подвергнутой ковке по предлагаемой технологии в среднем на 6,5% выше, чем эти же показатели у стали, подвергнутой ковке по действующей технологии. Пластическая характеристика данной марки стали, а именно относительное удлинение, после деформирования в бойках новой конструкции и в плоских бойках, наоборот уменьшилась (в отличие от прочностных свойств). Но при этом относительное удлинение стали 5XB2C, продеформированной по предлагаемой технологии в бойках новой конструкции, в среднем на 10% выше, чем у данной марки стали, продеформированной по действующей технологии в плоских бойках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

Доказана целесообразность использования для получения поковок и заготовок круглого поперечного сечения предлагаемой технологииковки и бойков для ее реализации, вместо применяемой в настоящее время технологииковки в плоских бойках, так как предлагаемая технологияковки при аналогичном уклоне, что и при ковке в плоских бойках, позволяет получать поковки и заготовки более высокого качества с равномерно распределенной равноосной мелкозернистой структурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатов А.А. Разработка научных основ и оптимизация технологических режимов нового способа протяжки литых слитков / А.А. Богатов, Д.Ш. Нухов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2016. – Т. 16, №2. – С. 91–97.
2. Асфандияров Р.Н. Исследование метода ротационного обжатия в условиях больших деформаций / Р.Н. Асфандияров, Г.И. Рааб // Вестник УГАТУ. – 2016. – Т. 20, №3. – С. 3–6.
3. Dyja H. Modelling of shape anvils in free hot forging of long products / H. Dyja, G. Banaszek, S. Mroz, S. Berski // Journal of Materials Processing Technology. – 2004. – Vol. 157-158. – P. 131-137.

4. Каргин С.Б. Компьютерное моделирование напряженно деформированного состояния в круглой заготовке, обжатой вырезными профилированными бойками // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. – Краматорск: ДГМА, 2012. – №1. – С. 16-23.
5. Banaszek G. Numerical Analysis of the Torsion Stretch Forging Operation in Asymmetric Anvils / G. Banaszek, S. Berski, H. Dya // Metallurgical and Mining Industry. – 2011. – №7. – P. 98–101.
6. Волокитин А.В. Исследование закрытия внутренних дефектов заготовки при протяжке в ступенчатоклиновидных бойках / А.В. Волокитин, А.О. Толкушкин, Е.А. Панин, И.Е. Волокитина // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: тезисы докл. Международной конф. (Могилев, 22-23 апреля 2021 г.). – Могилев, 2021. – С. 35-36.
7. Naizabekov A.B. Research of the deformation process of blanks in the dies with elastic elements / A.B. Naizabekov, S.N. Lezhnev, E.A. Panin // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2017. – Vol. 52, Iss. 2. – P. 205-212.
8. Машеков С.А. Технологияковки в инструменте с изменяющейся формой / С.А. Машеков, Н.Т. Биякаева, А.Е. Нуртазаев. – Павлодар: Кереку, 2008. – 485 с.
9. Banaszek G. A comprehensive numerical analysis of the effect of relative feed during the operation of stretch forging of large ingots in profiled anvils / G. Banaszek, P. Szota // Journal of Materials Processing Technology. – 2005. – Vol. 169. – P. 437-444.
10. Сегал В.М. Технологические особенностиковки-протяжки с продольным сдвигом бойков / В.М. Сегал, В.И. Резников, Д.А. Павлик // Кузнечно-штамповочное производство. – 1980. – №11. – С. 8-10.
11. Марков О.Е. Исследование технологического процессаковки крупных поковок клиновыми бойками / О.Е. Марков // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2012. – №12. – С. 24-27.
12. Banaszek G. Theoretical and laboratory modelling of the closure of metallurgical defects during forming of a forging / G. Banaszek, A. Stefanik // Journal of Materials Processing Technology. – 2006. – Vol. 177. – P. 238–242.
13. Алиев И.С. Исследование процессаковки плит плоскими бойками со скосами / И.С. Алиев, Я.Г. Жбанков, И.А. Грачев // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. – Краматорск: ДГМА, 2014. – №2. – С. 69-74.
14. Черный Б.П. Новая технология и оборудование для радиальнойковки заготовок из благородных металлов с высокими обжатиями и дополнительными макросдвигами // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – №1. – С. 39-43.
15. Найзабеков А.Б. Деформированное состояние заготовок в бойках с трапециевидными выступом и впадиной. / А.Б. Найзабеков, Ж.А. Ашкеев // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1998. – №4. – С. 13-14.
16. Андриященко В.А. Особенности деформационного поведения конструкционной стали при ковке / В.А. Андриященко, Ю.Б. Ичева // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2018. – № 4. – С. 7-19.
17. Тюрин В.А. Инновационные технологииковки // Кузнечно-штамповочное производство. – 2006. – № 5. – С. 2-29.
18. Лахтин Ю.М. Термическая обработка в машиностроении. Справочник / Ю.М. Лахтин, А.Г. Рахштадт. – М.: Машиностроение, 1980. – 783 с.
19. Lezhnev S. Разработка и компьютерное моделирование новой технологииковки с дополнительным макросдвигом / S. Lezhnev, A. Naizabekov, E. Panin, D. Kuis, I. Stepankin // «Machines, Technologies, Materials»: proceedings of XVIII International Congress (Varna, 8-11 September 2021). – Varna, 2021, Vol. III. – P. 282-286.
20. Баранова Л.В. Металлографическое травление металлов и сплавов / Л.В. Баранова, Э.Л. Демина. – М: Металлургия, 1986. – 256 с.

Influence of Forging in the New Design Strikers, Implementing Alternating Deformations on the 5KHV2S Steel Structure and Mechanical Properties

Lezhnev S.N., Naizabekov A.B.,
Volokitina I.E., Panin E.A.
Metallurgy and mining department
Rudny Industrial Institute
Rudny, Kazakhstan
Sergey_legnev@mail.ru

Kuis D.V.
Materials Science and
Engineering Systems Design department
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

Abstract. This work is devoted to the study of the deformation process of round cross-section workpieces of 5KHV2S steel in strikers implementing alternating deformations. The results analysis of the conducted studies shows that the development of significant alternating deformations during deformation of 5KHV2S steel plates in the proposed forging tool makes it possible to better processing the initial structure of the metal with the

production of fine equiaxed grain throughout the deformed billet compared with forging of analogous blanks using the current technology in flat strikers, which contributes to the achievement of better mechanical properties in the deformed blanks.

Keywords: forging, steel, alternating deformation, forging tools, microstructure, mechanical properties.

Библиографическое описание статьи

Лежнев С.Н. Влияниековки в бойках новой конструкции, реализующих знакопеременные деформации, на структуру и механические свойства стали 5ХВ2С / С.Н. Лежнев, А.Б. Найзабеков, И.Е. Волокитина, Е.А. Панин, Д.В. Куис // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2022. – Т.9, №1. – С. 9-13. DOI: 10.24892/RIJIE/20220102

Reference to article

Lezhnev S.N., Naizabekov A.B., Volokitina I.E., Panin E.A., Kuis D.V. Influence of forging in the new design strikers, implementing alternating deformations on the 5KHV2S steel structure and mechanical properties, *Russian Internet Journal of Industrial Engineering*, 2022, vol.9, no.1, pp. 9-13. DOI: 10.24892/RIJIE/20220102