

**НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ КРУПНЫХ ПРУТКОВЫХ ОТХОДОВ**

А. Н. Давидович, В. Я. Шукін, В. А. Давидович

(Физико – технічний інститут НАН Беларусі, г. Мінск)

Состояние экономики РБ требует освоения промышленных технологий, осуществляемых с максимальной экономией сырья и энергоресурсов. Поэтому наиболее рациональным в металлообрабатывающей отрасли представляется использование высокопроизводительных технологических процессов, базирующихся на методах ОМД, предполагающих использование отходов одного вида производства в качестве сырья для другого производства. В частности на Жодинском кузнечном заводе тяжелых штамповок при изготовлении передних балок грузовых автомобилей остаются немерные отходы диаметром 120 мм. Использование этих отходов в качестве исходных заготовок для производства новых изделий позволит уменьшить потребность предприятия в закупках металла.

В Физико-техническом институте НАН Беларусі разработана технология переработки прутковых отходов диаметром 120 мм, имеющихся на ЖКЗТШ, в шаровые поковки диаметром 60 мм, используемые в дробильном оборудовании. Особенности этой технологии являются двухпереходное редуцирование исходной заготовки с диаметра 120 мм до диаметра 60 мм и последующее формообразование шаровых поковок, выполняемое с изменением их оси вращения в процессе калибровки. Предварительное редуцирование с определенным соотношением степени обжатия и температуры на переходах позволяет получать заготовки под прокатку с заранее заданными структурой и свойствами. Исследования этого процесса проводятся в настоящее время в ФТИ, однако целью данной работы является изучение влияния вариации вращения формирующейсяковки на структуру и свойства металла в периферийных слоях, прилегающих к местам разделения поковок и отделения концевых отходов, которые могут быть очагами зарождения процесса разрушения при эксплуатации.

В ФТИ НАН РБ была проведена серия экспериментов, моделирующих процесс прокатки шаровых поковок диаметром 60 мм, с использованием технологической оснастки позволяющей прокатывать два шара диаметром 34 мм. В качестве исходной заготовки применялся круг диаметром 34 мм из стали 40Х. Формообразование шаров осуществлялось в два этапа. На первом этапе оформлялись центральные участки поковок и формовались цилиндрические перемычки между

ними. На втором этапе происходила калибровка центральных участков поковок, оформление периферийных участков, а также отделение концевых отходов и разделение поковок. Проведенные эксперименты показали, что в местах разделения поковок и отделения избыточного металла образуются заусенцы высотой до 3 мм, а металлографические исследования этих заусенцев и примыкающих к ним областей поковок выявили наличие микропор, соответствующих 3 баллу пористости по СТ 939180. Образование структурных дефектов происходит по схеме вязкого разрушения, обусловленного действием высокой температуры и растягивающих осевых напряжений. При этом, вследствие наличия в металле частиц второй фазы и выделений, оказывающих сильное воздействие на характер разрушения, наблюдается декогезия на поверхности раздела частиц второй фазы и матрицы, что приводит к образованию несплошностей – микропор. В литературе (3) такой вид разрушения называют волокнистым. Большинство конструкционных материалов содержит частицы вторых фаз, которые либо образуются самопроизвольно в процессе изготовления материала, либо вводятся в него намеренно с целью упрочнения. При пластической деформации, обычно происходит декогезия (отрыв частиц от матрицы), приводящая к образованию пустот, которые по мере развития деформации приобретают удлиненную форму. Когда напряжение становится больше предела прочности, деформация локализуется в области шейки и материал переходит в этой области из состояния одноосного растяжения к трехосному напряженному состоянию, причем максимальное напряжение развивается на оси прокатки – непосредственно под режущей кромкой разделительных элементов инструмента. Поэтому в шейке, представляющей собой в конечном итоге заусенец, растут и развиваются пустоты, а в прилегающих объемах образуются микропоры.

Остаточная пористость может быть уменьшена или ликвидирована при дополнительной поверхностной пластической деформации разрыхленных областей. При этом деформационное условие полного закрытия пор в варианте простого нагружения может быть описано в виде:

$$-3\sigma/4 \cdot 1/K = \theta_0 [(\ln \theta_0 - 1)^2 + 1], \quad \sigma < 0, \quad (1)$$

где  $\sigma$  - гидростатическое давление в очаге деформации;  $\Gamma$  - интенсивность деформации сдвига;  $K$  - предел текучести материала на сдвиг;  $\theta_0$  - остаточная пористость.

Отметим, что для уменьшения пористости гидростатическое давление  $\sigma$  должно быть отрицательным (сжимающим). Таким образом, для "залечивания" микропор, образовавшихся в приповерхностной области после разделения полуфабрикатов, эту область желательно продеформировать в условиях сжимающих гидростатических давлений  $\sigma$  с интенсивностью деформаций сдвига  $\Gamma$  в пористой зоне.

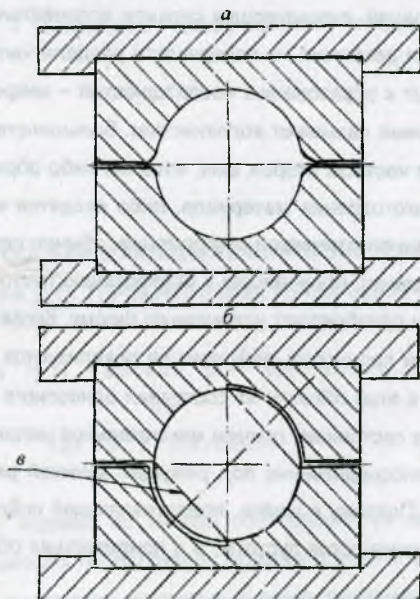


Рис. 1. Изменение оси вращения поковки: а) калибровка поковки без изменения оси вращения; б) ось вращения повернута на 45°; в) траектория движения заусеница.

Оценим значение  $\Gamma$  для достижения беспористого состояния металла при значении  $\sigma = -K$ , что соответствует значению  $\sigma$  в поверхностных слоях изделия при калибровке. Из (1) определим величину  $\Gamma$  в зависимости от остаточной пористости  $\theta_0$ : для  $\theta_0=3\%$ ,  $\Gamma=0.85$ ; для  $\theta_0=5\%$ ,  $\Gamma=1.13$ . Такие значения  $\Gamma$  могут быть



достигнуты в приповерхностном слое материала при изменении оси вращения в процессе калибровки на  $30 - 45^\circ$ . Отметим, что поверхностная деформация способствует и диффузионному "залечиванию" несплошностей при высокой температуре.

Таким образом, для устранения образующихся при формообразовании шаровых поковок заусенцев и снижения балла пористости в прилегающих к ним областях необходимо осуществить дополнительное поверхностное деформирование, изменив ось вращения поковки на заключительном этапе формообразования. Схема вращения показана на рис. 1. При этом угол наклона оси вращения заготовки составил  $45^\circ$  по отношению к первоначальному ее расположению. Анализ образцов после этой операции показал следующее. Заусенец полностью срезался с поверхности поковки как только последняя начинала вращаться вокруг новой оси, а приграничная с ним область, обкатываясь по новым площадкам контакта, выглаживалась до шероховатости поверхности основной массы образца и составляла  $Ra\ 2.5 - 5$  мкм. Металлографический анализ показал, что в процессе дополнительной калибровки микропоры стали более равноосными и уменьшились в объеме, а балл пористости уменьшился на один пункт. Были также проведены замеры твердости по сечению изделия с формовкой его без изменения оси вращения и с поворотом оси на  $45^\circ$ . Как видно из графиков рис. 2, снижение твердости в области разделения поковок компенсируется при выглаживании поверхности образца после изменения оси его вращения. Этот факт можно объяснить измельчением внутренних несплошностей и их более равномерным распределением по объему.

Существующий в настоящее время технологический процесс получения шаровых поковок предусматривает изготовление заготовок методом свободнойковки с печным газовым нагревом из прутковых отходов с поперечным сечением, близким к диаметру шара. Далее эти заготовки нагреваются в кузнечном индукционном нагревателе и поступают на операцию штамповки в 2-х ручьях (осуществляется вручную) и последующей обрезке обля, которая также осуществляется вручную. Потери металла в виде обля после обрезки двойной шаровой поковки составляют 0,5 кг, что при годовой программе в 500000 штук составляет 125 тонн. Производительность процесса изготовления одной шаровой поковки составляет около 30 с.

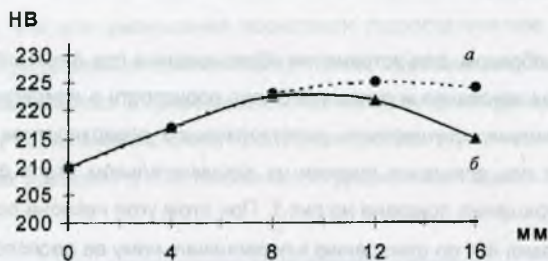


Рис.2

Распределение твердости по сечению образца.

а – ось вращения поковки повернута на  $45^{\circ}$ , б – без изменения оси вращения.

Для реализации новой технологии получения шаровых поковок в ФТИ НАН РБ разработана прокатная машина и два комплекта технологической оснастки к ней. Один комплект – для редуцирования исходных заготовок, второй – для формовки из этих заготовок шаровых поковок. Количество одновременно формуемых шаровых поковок выбирается исходя из длины инструмента и величины рабочего хода машины. В данном случае за один ход формующего устройства должны прокатываться 4 шара, т.к. при длине инструмента 2600 мм имеется возможность выдержать углы заострения клиньев в пределах допустимых (меньше  $12^{\circ}$ ) и обеспечить качественное разделение и калибровку шаров. При этом процесс одновременной формовки четырех шаров будет происходить в автоматическом режиме с циклом хода ползуна 14 с и производительностью 1020 поковок/час, что в 8 раз выше существующей. Технология реализуется следующим образом. Заготовка диаметром 120 мм нагревается и подается в прокатную клеть для редуцирования. Редуцирование производится в два перехода. На первом переходе заготовка перекачивается на диаметр 90 мм, а на втором – приобретает диаметр 60 мм, т.е. диаметр шаровой поковки. Затем полученный пруток разрезается на пиле на час-

ти, служащие заготовками для прокатки шаров. Нарезанные заготовки вновь нагреваются в индукторе и подаются в устройство прокатки, где и происходит окончательное формообразование поковок. Работа оборудования автоматически синхронизируется с системой управления кузнечного индукционного нагревателя.

Использование новой технологии при изготовлении шаров дробильного оборудования позволит отказаться от дорогостоящих закупок металла, уменьшит производственные площади и количество задействованного оборудования, значительно улучшит условия труда на предприятии. Внедрение новой технологии исключает какие-либо отрицательные последствия для окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Макушок, В. А. Клушин, В. Я. Шукин. Совершенствование поперечно – клиновой прокатки. - Минск.: Наука и техника, 1980.
2. Поперечно – клиновая прокатка. Под ред. докт. техн. наук Макушка Е. М. - Минск.: Наука и техника, 1974.
3. Вигли. Механические свойства материалов при низких температурах. - М.: Мир, 1974.

УДК 621.762.8

### ВЫСОКОПОРИСТЫЕ ЯЧЕИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

А. Н. Леонов

(НИИ ПМ с ОП, г. Минск)

Качество природной среды, обеспечивающей состояние здоровья людей, оценивается по составу атмосферного воздуха, поверхностных, подземных и сточных вод, степени загрязнения почв, накоплению отходов. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ только по Республике Беларусь составили в 1996 году 2.09 млн. т, в том числе оксидов углерода 1.24 млн. т, диоксида серы 0.25 млн. т, оксидов азота 0.17 млн. т, углеводородов и летучих органических соединений 0.34 млн. т [1]. В связи с этим сохранение окружающей среды на эколо-