

УДК 621.73

Краев М. В.
Краева В. С.
Гринкевич В. А.
Шевченко Т. Н.

ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ШТАМПОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЛАБОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Разработка современных ресурсосберегающих технологий, повышение производительности труда и качества продукции основывается на применении новейших видов технологических процессов, к числу которых относятся методы обработки металлов давлением в магнитном поле. Основной целью большинства исследований является поиск практически значимых способов управления состоянием и структурой материала, а также его механическими и физическими свойствами в процессе деформирования или эксплуатации. В настоящее время найдено надежное средство для достижения этой цели – магнитное поле [1]. Магнитное поле воздействует на формоизменение заготовок и структурные превращения в металлах. Магнитное поле применяется как в качестве единственного источника энергии (магнитно-импульсная штамповка), так и в качестве дополнительного источника энергии совместно с другими воздействиями (термомеханическая обработка). При обработке металлов в магнитных полях можно снимать упрочнение как в процессе пластической деформации, так и после деформации, снижать уровень остаточных напряжений в металле, повышать пластичность, коррозионную стойкость, изменять структуру металла и многое другое [1].

Исходя из перечисленных воздействий магнитного поля, актуальным является его применение в операциях штамповки в качестве дополнительного источника энергии. При этом рассматривать комплексное влияние поля на структуру, свойства и напряженно-деформированное состояние металла в очаге деформации. По результатам исследований [1] даже слабые магнитные поля с индукцией 0,5 Тл оказывают влияние на структуру и свойства стали при прокатке. Проведенные пробные испытания на растяжение образцов стали в магнитном поле 0,2 Тл [2] определили недостаточность индукции поля для эффективного воздействия на металл при деформации.

Целью работы является определение перспективности применения внешнего магнитного поля при деформации металла.

Для этого требуется провести исследования в два этапа. На первом этапе необходимо разработать способ повышения силы воздействия магнитного поля на металл заготовки. А далее с воздействием магнитного поля провести стандартные испытания прочности и пластичности стали. После чего перейти к операциям штамповки.

Исследование влияния магнитного поля на процессы деформации металла и его качество осуществляется на установке (рис. 1), состоящей из электромагнита и гидравлического пресса. Деформирование металла производится между сердечниками катушек. Индукция магнитного поля, создаваемая установкой, находится в прямой зависимости от величины тока и обратно пропорциональна расстоянию между сердечниками [3, 4]:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}, \text{ Тл,}$$

где μ_0 – магнитная постоянная $4\pi 10^{-7}$ Гн/м;

N – количество витков катушки, шт;

I – сила тока, А;

L – ширина зазора, м.

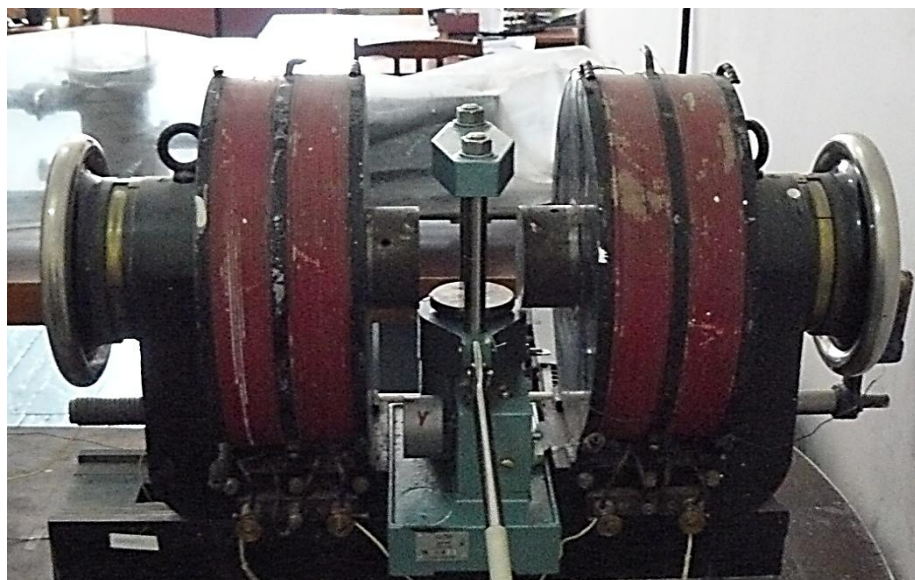


Рис. 1. Установка для деформации заготовок с применением внешнего магнитного поля

Количество витков провода катушки остается неизменным. Сила тока ограничена нагрузкой электропроводки лаборатории. Поэтому единственным действенным способом существенного усиления магнитного поля является сокращение расстояния зазора между сердечниками катушек.

Так как простое сближение сердечников катушек невозможно из-за габаритов поршня пресса, предлагается использование надставок, имеющих меньший диаметр и проникающих внутрь рабочего пространства пресса. Надставки выполняются из магнитномягкого материала (низкоуглеродистой стали). Возможно изготовление надставок двух типов:

1. Цилиндрические надставки (рис. 2).

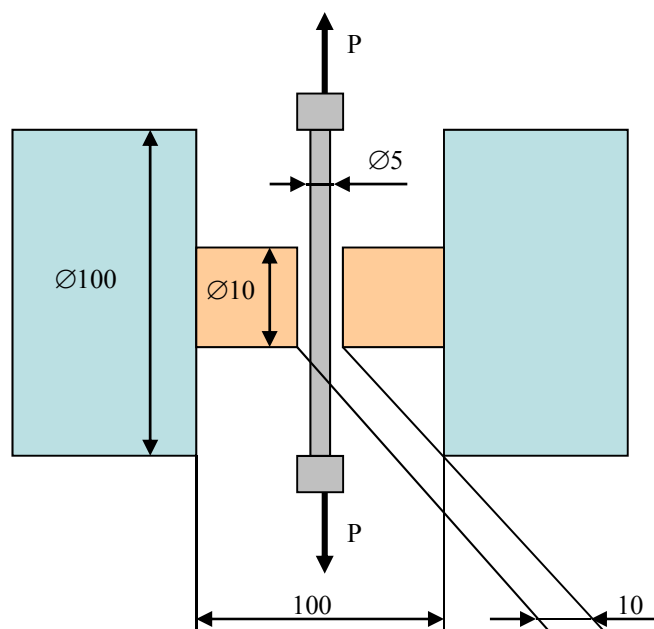


Рис. 2. Применение цилиндрических надставок-сердечников

На рис. 2 показан пример использования цилиндрических надставок при испытании образца на растяжение. Надставки позволяют сократить расстояние между сердечниками в 10 раз, соответственно и индукция магнитного поля увеличится с 0,2 Тл до 2 Тл.

2. Прямоугольная надставка с отверстием (рис. 3).

При испытании образца на растяжение данная надставка также позволяет сократить расстояние между сердечниками в 10 раз, увеличить индукцию магнитного поля с 0,2 Тл до 2 Тл. Особенностью конструкции надставки является всесторонний равномерный охват сердечником деформируемого образца.

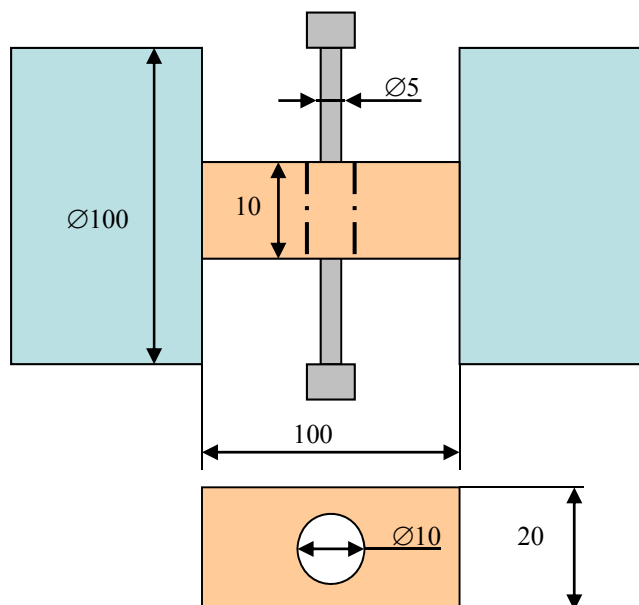


Рис. 3. Применение прямоугольной надставки-сердечника с отверстием

Недостатком применения надставок является концентрация магнитного поля в пределах поперечного сечения надставки. Поэтому влияние магнитного поля целесообразно использовать в месте локализации очага деформации.

Экспериментальное исследование возможно проводить не только изменяя силу магнитного поля, но также варьируя направлением его воздействия. В случае описанной выше схемы деформирования линии индукции магнитного поля расположены перпендикулярно направлению деформации (рис. 4, а). Возможно деформируемый образец расположить внутри катушки (рис. 4, б). Тогда сам образец будет выполнять роль сердечника катушки, а линии индукции магнитного поля совпадут с направлением деформации.

Воздействие магнитного поля окажет влияние на напряженное состояние металла в очаге деформации и поэтому изменит деформируемость стали и энергосиловые параметры процесса растяжения.

Магнитным полем можно смещать температуры структурных фазовых переходов и влиять на морфологию мартенситной фазы. Разница в намагниченности аустенита и мартенсита определяет величину смещения температуры фазового перехода в магнитном поле [5].

Испытание на растяжение позволит определить характер воздействия магнитного поля на деформируемый металл. Для установления эффективности практического применения процесса экспериментальные исследования будут повторены для операций штамповки, таких как: раздача, обжим и вытяжка.

В исследовании планируется использовать два типа материала деформируемых образцов: ферромагнитную (на основе феррита, перлита, мартенсита) и парамагнитную (на основе аустенита) сталь. Воздействие магнитного поля на ферромагнитный образец описано выше. В парамагнитных аустенитных сталях ожидается усиление магнитным полем деформационного мартенситного превращения. Эффект мартенситного превращения в магнитном поле применяется при термомагнитной обработке стали [5, 6]. Случай деформационного мартенситного превращения в магнитном поле малоизучен.

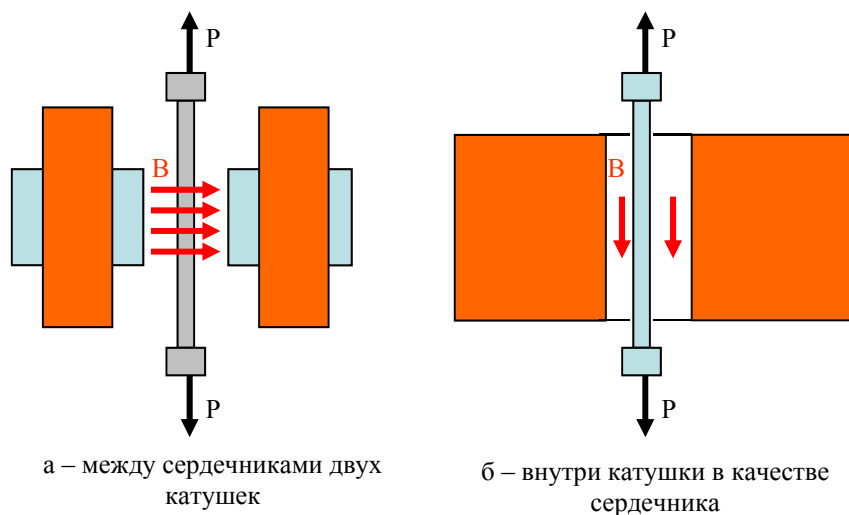


Рис. 4. Способы наложения магнитного поля в очаге деформации

ВЫВОДЫ

Существует возможность экспериментального исследования процесса деформации металла с применением слабого магнитного поля. Описан практический способ усиления магнитного поля внутри очага деформации. Способы приложения магнитного поля позволяют варьировать его воздействием на процесс деформации.

Исследование актуально для различных классов стали: углеродистых, конструкционных и коррозионностойких.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Делюсто Л. Г. *Основы прокатки металлов в постоянных магнитных полях* / Л. Г. Делюсто. – М. : Машиностроение, 2005. – 272 с.
2. Применение внешнего магнитного поля при холодной деформации сталей / М. В. Краев, В. А. Гринкевич, В. С. Краева, В. Ю. Щетинин // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2011. – № 7. – С. 53–55.
3. Гордон А. В. *Электромагниты постоянного тока* / А. В. Гордон, А. Г. Сливинская. – М. : Госэнергоиздат, 1960. – 445 с.
4. Сливинская А. Г. *Электромагниты и постоянные магниты : учебное пособие для студентов ВУЗов* / А. Г. Сливинская. – М. : Энергия, 1972. – 248 с.
5. Счастливцев В. М. *Мартенситное превращение в магнитном поле* / В. М. Счастливцев, Ю. В. Калетина, Е. А. Фокина. – Екатеринбург : УрО РАН, 2007. – 322 с.
6. Кривоглаз М. А. *Закалка стали в магнитном поле* / М. А. Кривоглаз, В. Д. Садовский, Л. В. Смирнов, Е. А. Фокина. – М. : Наука, 1977. – 119 с.

Краев М. В. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ;
 Краева В. С. – канд. физ.-мат. наук, доц. ДНУЖТ;
 Гринкевич В. А. – д-р техн. наук, проф. НМетАУ;
 Шевченко Т. Н. – аспирант НМетАУ.

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

ДНУЖТ – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта, г. Днепропетровск.

E-mail: bstn@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.10.2012 г.