

Рис. 5. Схема гидравлического предохранительного узла прессы

ла кольцевую плоскую притертую поверхность, уплотняющую гидравлическую подушку в ползуне прессы. Такая конструкция предъявляет повышенные требования к тонкости очистки масла, что в условиях массового производства не всегда выполнимо.

На рис. 5 показана комбинированная схема гидравлического предохранительного узла прессы [2], где вместо саморазгружающей опоры с минимальными дообработками ползуна прессы установлен гидравлический цилиндр 1 и закрепленный на цилиндре запа-

тентованный ОАО "ГАЗ" разгрузочный клапан 2 с двумя реле давления 3. Одно из двух реле контролирует давление перегрузки прессы и дает сигнал на его отключение, а другое дает команду на готовность прессы к работе. Блок подготовки воздуха 4 выведен на станину прессы и соединен с ползуном гибким рукавом. Воздушная полость разгрузочного клапана 2 и насоса 5 заблокированы трубкой 6, что позволяет одновременно регулировать давление, создаваемое насосом 5 в гидравлическом цилиндре ползуна прессы 1 и давление срабатывания разгрузочного клапана 2 при помощи изменения давления сжатого воздуха, подводимого из сети.

Модернизация вышеперечисленных узлов прессы моделей РС-10, РС-20 и РС-20 позволяет существенно увеличить межремонтное время работы прессы, их надежность и безопасность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. RU 2090370 C1 6 В30В 15/14.
2. Пат. RU 2103176 C1 6 В 30В 15/28.

Лев Николаевич Коломенский, начальник конструкторского отдела;
Валерий Владимирович Новаев, начальник бюро;
Алиса Николаевна Потапова, ведущий инженер;
Сергей Геннадьевич Попов, инженер-конструктор

УДК 669.15

В.В. Галкин, В.Н. Дубинский, В.А. Коровин, А.И. Поздышев
 (Нижегородский государственный технический университет)

Изготовление чугунных поковок круглой формы методом горячей объемной штамповки в открытом штампе на кривошипном горячештамповочном прессе

Исследованы возможности горячей объемной штамповки (ГОШ) в открытом штампе поковок круглой в плане формы из чугуна с шаровидным графитом в ферритной матрице на универсальном кузнечно-штамповочном оборудовании. Определена пластичность материала в условиях ГОШ с применением стандартных испытаний на осадку, проведены математическое моделирование с применением программного комплекса DEFORM, опытная штамповка и структурные исследования деформированного чугуна поковок. Полученная на кривошипном горячештамповочном прессе опытная партия поковок фланцев имеет удовлетворительное качество деформированного металла по макро- и микроструктуре.

The paper considers the possibilities of hot volumetric punching of the globular graphite iron forgings in open stamp on universal forging equipment. The plasticity of the material in punching conditions have been determined; mathematical modeling using DEFORM program, test punching and structural researches of the deformed iron have been done.

Чугун широко применяют как конструкционный материал для изготовления различных деталей. По сравнению со сталями чугун имеет следующие пре-

имущества: хорошо работает на трение; износостоек; гасит вибрацию, так как мало чувствителен к концентраторам напряжения, в частности, при циклических

нагрузках. Однако уступает в конструктивной прочности из-за невысокого уровня вязкости, сопротивления разрушению, что может быть обусловлено, с одной стороны, наличием графитных частиц, а с другой – дефектами структуры литого металла.

Развитие литейного производства в направлении получения чугуна с шаровидным графитом в ферритной матрице, имеющего удовлетворительную пластичность при температурах выше 800...850 °С [1], обеспечило переход чугуна от полуфабриката ("свиного железа") к самостоятельному материалу. В качестве конкретных примеров можно привести [2]: горячую прокатку листа до толщины 1,5...2,1 мм из сутунки прямоугольной формы за несколько проходов; изготовление труб методами прессования, прошивки и раскатки; получение мелящих тел (шаров) методом попеременно-клиновой прокатки.

Практический интерес представляет опробование других видов обработки металлов давлением, в частности горячей объемной штамповки (ГОШ) на универсальном кузнечно-штамповочном оборудовании (КШО). Наибольшую применимость при штамповке сложных поковок из труднодеформируемых легированных сталей и титановых сплавов имеют кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП).

Цель работы – исследование возможности горячей объемной штамповки по открытой схеме поковок из чугуна с шаровидным графитом в ферритной матрице.

В качестве исходного изделия выбрали поковку круглой формы в плане на деталь "фланец", для которой в качестве заготовки использовали литой прутко со следующими характеристиками:

- структура: шаровидный графит в ферритной матрице (рис. 1);
- химический состав: 3,3 % С; 2,15 % Si; 0,5 % Mn; 0,5 % Ni; 0,007 % Mg;
- характеристика графитной фазы: ШГ6 – ШГ12; ШГр1, ШГр2; ШГд45–ШГд90; ШГф4, ШГф5 (согласно ГОСТ 3443–87);
- прочностные показатели исходного материала: твердость заготовки 170...180 НВ, что соответствует пределу прочности $\sigma_{\text{в}}$ = 490...530 МПа.



Рис. 1. Микроструктура недеформированного чугуна с шаровидным графитом в ферритной матрице, $\times 300$



Рис. 2. Микроструктура чугуна с шаровидным графитом в ферритной матрице после горячей пластической деформации со степенью деформации по высоте $\varepsilon_h = 10\%$ и охлаждения на воздухе, $\times 300$

Методика исследования состояла из следующих этапов:

- определение допустимой степени деформации по высоте ε_h чугуна при горячей осадке;
- математическое моделирование технологических переходов ГОШ поковки на деталь "фланец" с применением программного комплекса DEFORM и определение оптимальных размеров исходной заготовки;
- изготовление опытной партии поковок и проведение структурных исследований деформированного чугуна (макро- и микроанализ).

На первом этапе обточенные образцы цилиндрической формы диаметром 28...30 мм, высотой 60 мм нагревали в электрической печи до температуры 1025...1050 °С в течение 1 ч и деформировали осадкой на молоте с $\varepsilon_h = 10; 15, 20\%$ с последующей протяжкой боковой поверхности на квадрат с суммарной $\varepsilon_h = 40\%$. Во избежание контакта с холодными бойками осадка велась между подогретыми плитами.

Образцы 1-й партии после горячей пластической деформации (ГПД) охлаждали на воздухе. Твердость образцов составила 210...220 НВ, что соответствует пределу текучести $\sigma_{0,2} = 600...640$ МПа. Микроструктура содержит перлит и феррит с включениями графита, соотношение феррита и перлита примерно 45:55 (рис. 2). На микрошлифе наблюдали включения графита меньших размеров с заметной ориентацией по сравнению с исходным состоянием. При ГПД и сразу после нее видимых поверхностных дефектов у деформированной заготовки не обнаружили. Однако после охлаждения на воздухе на ее боковой поверхности – "бочке" (в местах действия наибольших растягивающих напряжений) появились надрывы, а при больших степенях деформации $\varepsilon_h \approx 40\%$ – трещины. Это согласуется с известной чувствительностью чугунов к растягивающим напряжениям. В центре образца на макро- и микрошлифах трещин и несплошностей обнаружено не было.

Образцы 2-й партии сразу после ГПД с $\varepsilon_h = 25...30\%$ помещали в печь с температурой порядка 900 °С и охлаждали со скоростью 100 °С/ч. На этих образцах трещин обнаружено не было. Матрица имела

ферритную микроструктуру, ее твердость составила 165...175 НВ. В зависимости от ε_n наблюдали следующий разброс результатов по σ_n :

ε_n , %	30...40	<20
σ_n , МПа	325...540	490...520

Результаты исследований показали, что чугун с шаровидным графитом обладает достаточно высокой пластичностью со степенью деформации до 35 %.

Поковки изготовляли по стандартной технологической схеме штамповки поковок круглой формы в плане на КГШП из штучных заготовок в торец за два перехода: осадки и окончательной штамповки в "чистовом" ручье открытой конструкции.

Моделирование проводили по нескольким вариантам, изменяя размеры исходной заготовки и диаметр осадки. При анализе возможности снижения растягивающих напряжений в процессе штамповки учитывали допустимые значения ε_n , полученные при стандартных испытаниях при ковке. Для этого изучали напряженно-деформированное состояние чугуна в направлении главных деформаций, совпадающих с направлением движения инструмента. По результатам моделирования были выбраны оптимальные размеры исходной заготовки диаметром 56 мм и высотой 30 мм. Из рис. 3 (см. цвет. полосу) видно, что по ходу штамповки в "чистовом" ручье было достигнуто снижение доли растягивающих напряжений по сравнению со сжимающими.

Опытную штамповку осуществляли на КГШП силой 10 МН. Обточенные заготовки нагревали в электрической печи в интервале температур 1025...1050 °С в течение 1 ч. Отштампованные поковки помещали в печь с температурой порядка 900 °С и охлаждали со скоростью 100 °С/ч. На полученных поковках (рис. 4,

см. цвет. полосу) поверхностных дефектов в виде трещин и несплошностей не обнаружено.

Структуру исследовали в поперечном сечении поковки. Макроанализ показал отсутствие внутренних дефектов в виде трещин и зажимов. Микроструктуру исследовали в зонах деформированного объема поковки, отличающихся величиной деформации и выделенных при рассмотрении результатов математического моделирования.

На рис. 5 отмечены точками следующие характерные места: переход гравюры в заусенечную канавку точкой 1; средняя и центральная зоны фланца – точками 2 и 3; переход фланца поковки в нижнюю часть – точкой 4; основание нижней части поковки – точкой 5. Анализ микроструктуры показал, что с увеличением деформации растяжения форма графитных частиц существенно изменилась: они стали более мелкими и вытянутой формы. Наибольшая деформация произошла в зонах перехода гравюры в заусенечную канавку (точка 1) и фланца поковки в нижнюю ее часть (точка 4). Наименьшая деформация соответствует нижней части поковки (точка 5). В целом качественная картина деформации графитных частиц соответствует картинам деформированного состояния, полученных с помощью математического моделирования и приведенных на рис. 6 (см. цвет. полосу).

Выводы

1. Чугун с шаровидным графитом в ферритной матрице обладает удовлетворительной пластичностью в условиях ГОШ по открытой схеме на универсальном кузнечно-штамповочном оборудовании, в частности на КГШП;

2. Методом ГОШ в открытом штампе получена опытная партия поковок на деталь "фланец" с удовлетворительным качеством деформированного металла по макро- и микроструктуре, измельчением и ориентированием графитной фазы в направлении главных деформаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захарченко Э.В., Левченко Ю.И., Горенко В.Т., Вареник П.А. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом. Киев: Наукова думка, 1986.
2. Щербединский Г.В. Чугун как перспективный материал XXI столетия // Металловедение и термическая обработка металлов. 2005. № 7. С. 83–93.

Владимир Викторович Галкин, канд. техн. наук;
Владимир Наумович Дубинский, канд. техн. наук;
Валерий Александрович Коровин, канд. техн. наук;
Анатолий Иванович Поздышев, доцент

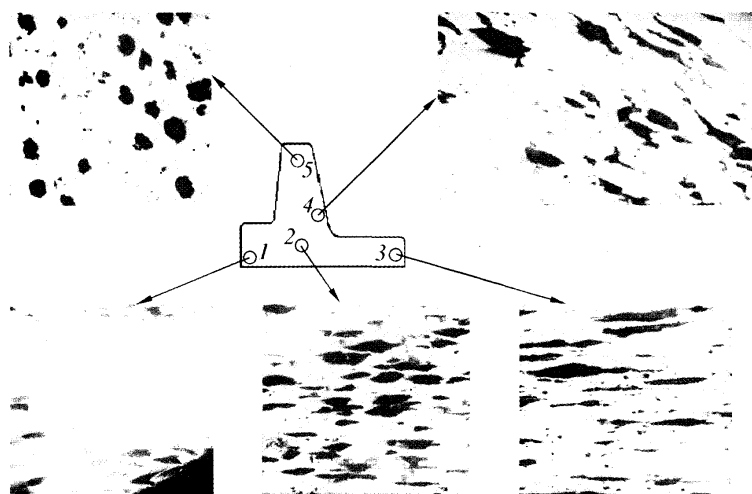


Рис. 5. Формы графитных включений деформированного чугуна в характерных зонах поперечного сечения поковки

Рисунки к статье В.В. Галкина, В.Н. Дубинского, В.А. Коровина, А.И. Поздышева
**"Изготовление чугунных поковок круглой формы
 методом горячей объемной штамповки в открытом штампе
 на кривошипном горячештамповочном прессе"**

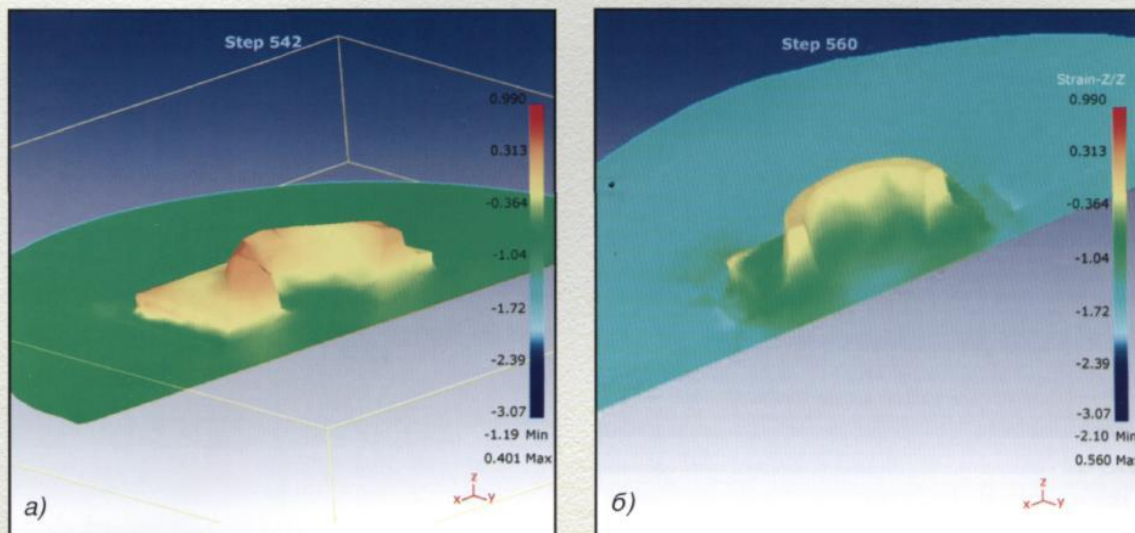


Рис. 3. Напряженное состояние чугуна при штамповке в "чистовом" ручье открытой конструкции:
 а – промежуточное положение; б – окончание штамповки



Рис. 4. Поковка на деталь "фланец" с необрезанным технологическим заусенцем (облоем)

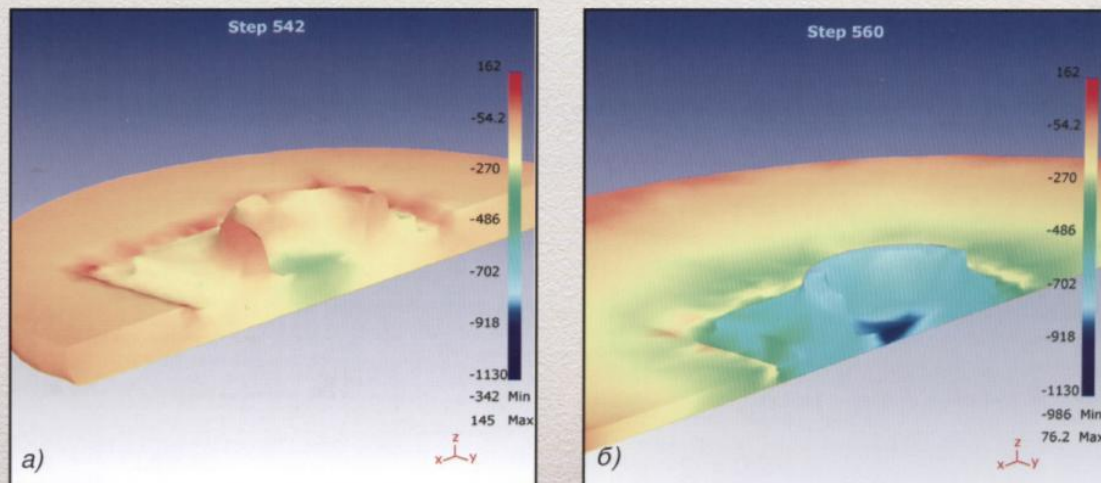


Рис. 6. Деформированное состояние чугуна при штамповке в "чистовом" ручье открытой конструкции:
 а – промежуточное положение; б – окончание штамповки