

Заключение. Механизм зарождения микротрещин в процессе предварительного деформирования стали Х12 определяется направлением текстуры материала. Наибольшая технологическая пластичность достигается в случае, когда текстура металла располагается под углом 30 и 60 градусов к линии приложения внешней силы. При этом степень предварительной деформации достигает порядка 40 %, что позволяет определить граничные условия для изготовления инструмента со сложным профилем формообразующей поверхности методом выдавливания.

Литература

1. Кенько, В.М. Износостойкость матриц холодновысадочной оснастки / В.М. Кенько, И.Н. Степанкин, А.И. Столяров // Трение и износ. – 1998. – Т. 19. – № 3. – С. 402 – 406.
2. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали : справочник / Ю. А. Геллер. – М. : Металлургия, 1975. – 584 с.
3. Кенько, В. М. Механизм разрушения диффузионно-упрочненных карбидных слоев высоколегированных сталей ледобуритного класса / Современные проблемы машиноведения: тез. докладов VII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П.О. Сухому), 23 – 24 окт. 2008 г / В.М. Кенько, И.Н. Степанкин. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008. – С. 70 – 71.
4. Кенько, В.М. К вопросу учета структурных особенностей инструментальных сталей при изготовлении матриц холодновысадочной оснастки / В.М. Кенько, И.Н. Степанкин // Литье и металлургия. – 2004. – № 4. – Минск : БНТУ. – С. 110 – 116.
5. Пигенко, В.А. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния системы включение – матрица при действии на материал сжимающих напряжений / В.А. Пигенко, И.Н. Степанкин // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: тез. докл. Гомельской региональной молодежной конф. молодых ученых, Гомель, 30 – 31 окт. 2001 г. – Гомель: Институт механики металлополимерных систем В.А. Белого НАН Беларуси, 2001. – С. 108 – 111.

УДК 621.7:621.8

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА ПОСЛЕ ЕГО ГОРЯЧЕГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

А.И. Покровский, И.Н. Хроль

ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», Минск;

В.Л. Ковтун, Т. В. Рябченко

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», Гомель

Структура деформированного чугуна достаточно необычна, многие относят его к новому классу гетерогенных машиностроительных материалов. За счет формирования такой структуры происходит существенное улуч-

шение комплекса физико-механических характеристик чугуна (в 1,5 – 2,5 раза по сравнению с литым состоянием). Причем выигрыш в получаемых свойствах перекрывает определенные трудности обработки чугуна давлением и расширяет область его использования до ответственных машиностроительных деталей.

За последние несколько десятков лет достигнуты определенные успехи в разработке технологий, использующих горячее пластическое деформирование, для изготовления изделий достаточно сложной формы, например, заготовок шестерен или уплотнительных колец. В СНГ такие работы проводили Киевский институт проблем литья совместно с КамАЗом, ФТИ НАН Беларуси с МАЗом и МЗКТ. Было доказано, что в условиях Беларуси, где предприятия обладают развитым литейным и машиностроительным производством, деформированные чугуны составляют существенную конкуренцию импортируемому стальному прокату.

В большинстве случаев наличие избыточных фаз в гетерогенной структуре вносит существенный положительный вклад в эксплуатационные свойства, например, карбидные включения обеспечивают повышенную стойкость против абразивного износа, графитные включения – хорошую прирабатываемость при работе в лагах трения. Однако иногда наличие избыточных фаз может и отрицательно сказываться, например, на прочностных показателях. Это происходит в случаях, когда включения дополнительных фаз могут являться концентраторами напряжений и местами – возможного зарождения трещин.

Наличие гетерогенной структуры (включения графита в перлитной или феррито-перлитной матрице) вносит существенную неоднородность в деформирование и предопределяет возникновение значительных напряжений в объеме получаемого композита. При этом классическими методами исследований невозможно достоверно определить уровень возникающих напряжений в зонах контактного взаимодействия фазовых составляющих (например, на границах раздела перлит – графит, феррит – перлит).

В этой связи актуальны исследования напряженно-деформированного состояния на межфазных границах, в частности на границе раздела «избыточная фаза – металлическая матрица».

Применение мезомеханического подхода, одним из путей реализации которого является метод конечных элементов, использовано при анализе на прочность и в технологии изготовления ВЧШГ, а мезомеханические модели, основанные на дискретизации фрагментов материала, позволяют провести детальный анализ его напряженно-деформированного состояния, вызванного деформацией или другими факторами. Таким образом, знание закономерностей, обуславливающих наличие в материале тех или иных свойств, возможность прогнозирования и управления характером

развития деформационных процессов в структурных компонентах чугуна позволит оптимизировать структуру чугуна после технологической обработки и выбрать оптимальные режимы технологической обработки.

На основе разработанных моделей напряженно-деформированного состояния мезофрагментов (ВЧШГ) с одним и пятью включениями шаровидного графита при разной степени деформации (20 %, 40 %, 60 %, 80 %) при достаточном уровне дискретизации проведены модельно-теоретические исследования процесса их деформирования с оценкой возникающих напряжений и формоизменений структурных составляющих материала.

При максимальной степени деформации 80 % происходит существенное сжатие включений шаровидного графита, вероятно вследствие того, что более прочная перлитно-ферритная матрица передает большую нагрузку на включения графита.

Так как включения шаровидного графита расположены произвольно в перлитно-ферритной матрице, существуют области, благоприятные и неблагоприятные для деформирования при действии распределенной сжимающей нагрузки. По причине начальной неоднородности материала процесс пластического деформирования при действии распределенной сжимающей нагрузки начинается не по всему объему одновременно, а только в наиболее благоприятных локальных областях, в нашем случае – в областях включений графита.

Максимальные эквивалентные напряжения по Мизессу наблюдаются в межфазных областях включений графита и металлической матрицы и достигают наибольших значений более 230 ГПа. В центре включений шаровидного графита эквивалентные значения напряжений по Мизессу минимальны и составляют от 21 МПа до 102, 0 МПа в мезофрагменте ВЧШГ с одним включением шаровидного графита и от 24,8 МПа до 126,0 МПа в мезофрагменте ВЧШГ с пятью включениями шаровидного графита. При этом происходит значительное формоизменение самих включений графита, которое наблюдается при наибольшей степени деформации.

При увеличении содержания включений графита в металлической матрице исследуемого мезофрагмента, когда степень деформации ВЧШГ составляет 80 %, наблюдаются эффекты резкого изменения значений и знака касательных напряжений на противоположный. Согласно теории механики деформируемого твердого тела это означает, что в данных областях возникает наибольшая вероятность образования структурных дефектов, например таких, как микротрещины, а также возможно образование дефектов кристаллической решетки металла. Такая закономерность наблюдается как в мезофрагментах ВЧШГ, содержащих одно включение шаровидного графита, так и в мезофрагментах ВЧШГ, содержащих пять включений шаровидного графита.

На основании полученных результатов можно оценить общий характер изменения напряжений в зависимости от степени деформации мезофрагмента ВЧШГ. Максимальные эквивалентные напряжения наблюдаются на межфазных границах феррит – графит, их значения увеличиваются от 48,9 ГПа до 226,0 ГПа в мезофрагменте ВЧШГ с одним включением шаровидного графита и от 55,5 ГПа до 273,0 ГПа в мезофрагменте ВЧШГ с пятью включениями шаровидного графита. Аналогичная тенденция увеличения значений эквивалентных напряжений наблюдается и на межфазной границе перлит – феррит, однако величина их практически в два раза меньше. Следует отметить значительную разницу величин эквивалентных напряжений в направлении приложения сжимающей нагрузки.

Анализ результатов моделирования позволил установить, что изменение размера включения шаровидного графита в мезофрагменте ВЧШГ не оказывает существенного влияния на значение возникающего напряжения в центре включения. Однако при уменьшении диаметра включения шаровидного графита уменьшаются значения эквивалентных напряжений на межфазной границе перлит – феррит. Также можно констатировать значительное увеличение напряжений (почти в 5 раз) при увеличении степени деформации мезофрагмента ВЧШГ – с 20 % до 80 %.

Существенная концентрация напряжений наблюдается во всех областях мезофрагментов, примыкающих к включениям шаровидного графита. Поэтому большие перепады напряжений могут способствовать повышению вероятности возникновения структурных дефектов в данных зонах, что может приводить к разрушению материала. В реальном материале включения графита располагаются хаотично и плоскость разрушения может проходить по участкам с различным уровнем напряжений. В связи с этим могут наблюдаться случаи, когда образовавшаяся микротрещина по мере продвижения в глубину материала будет прерываться включениями графита, что, вероятно, может привести к торможению ее распространения.

Литература

1. Сопротивление материалов деформированию и разрушению: справочник / В.Г. Тропенко [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1994. Т. 1. – 288 с. Т. 2. – 704 с.
2. Семенова, Т. В. Мезомеханический анализ гранулированных материалов при контактном нагружении. (Обзор) / Т. В. Семенова, С. В. Шилько, В. А. Ковтуш // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2001. – Т. 7. – № 2. – С. 189 – 205.
3. Klaus-Jurgen, Bathe. Finite Element Procedures / Bathe Klaus-Jurgen. - New Jersey : Prentice-Hall, Inc, 1996. – 1036 p.
4. Галлагер, Р. Метод конечных элементов. Основы : пер. с англ. / Р. Галлагер. – М.: Мир, 1984. – 428 с.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

В.М. Константинов, Г.А. Ткаченко

УО «Белорусский национальный технический университет», Минск

Характерными примерами основных рабочих органов почвообрабатывающих машин являются долота, лемеха, отвалы, полевые доски плугов. Рабочие органы наиболее существенно влияют на качество процесса обработки почвы, а также определяют надежность и долговечность работы почвообрабатывающей машины.

В процессе эксплуатации детали корпусов плугов подвергаются интенсивному воздействию абразивных частиц почвы, ударных нагрузок и окружающей среды. Поэтому при выборе материала рабочего органа необходимо учитывать следующие основные факторы: прочность, пластические свойства, износостойкость, а также коррозионную стойкость.

В настоящее время для изготовления рабочих органов плугов применяется конструкционная сталь марки 65Г. Из этого материала изготавливают полевые доски, лемеха, отвалы, груди отвала, долота. Для повышения износостойкости применяют термическую обработку, которая состоит из объемной закалки и среднего отпуска; при этом твердость детали получается в пределах 450 – 510 НВ.

Зарубежные производители, т.к. «KVERNELAND» (Норвегия), «RA-BEWERK» и «LEMKEN» (Германия), «HUARD» (Франция), «OVERUM» (Швеция), «PARAPLAW» (Англия), «РАВА» (Венгрия) выпускают рабочие органы плугов из прочных легированных сталей, имеющих временное сопротивление 1600 – 2000 МПа, а твердость на поверхности рабочего органа достигает 580 – 660 НВ.

Фирма KVERNELAND использует для своих деталей сталь, аналог нашей стали 40Г. Как показал металлографический анализ деталей, ее структура по сечению представляет собой мелкодисперсный игольчатый мартенсит с небольшим количеством остаточного аустенита и твердостью на поверхности и в сердцевине деталей порядка 520 – 660 НВ, при этом размер зерна составляет 8 – 10 баллов. Можно предположить, что детали подвергались термической обработке, заключающейся в объемной закалке и низком отпуске. Полученная структура придаст необходимый уровень износостойкости, а мелкое зерно детали обеспечивает ударную вязкость.