

За наведеної на рис. 5 залежності опору переміщенню за прийнятих вихідних даних мінімальний опір складає 2300 Н. Як показують розрахунки при варіюванні геометричних характеристик клина і механічних характеристик системи «клин-ґрунт» мінімальний опір завжди реалізується в діапазоні зміни 15-20°.

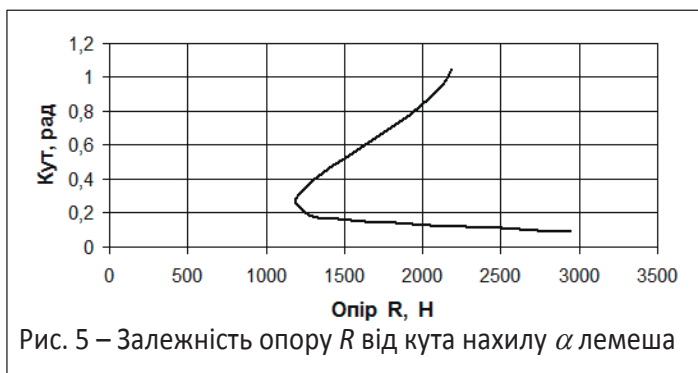


Рис. 5 – Залежність опору R від кута нахилу α лемеша

Висновки

1. На основі лабораторних дослідів та аналізу відносного руху ґрунту по клину розроблена математична модель динамічної взаємодії клина з ґрунтом.
2. Виявлена можливість встановлювати опір переміщенню клина в ґрунті за рівномірного прямолінійного руху по заданих характеристиках клина і ґрунту.
3. На підставі проведених досліджень пропонується вважати раціональним приймати кут нахилу клина в діапазоні 15-20°.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент № 43775 Україна, МПК А 01D 25/04. Викопувальний орган коренезбиральної машини / Кобець А.С., Сокол С.П., Науменко М.М., Кобець О.М., Волик Б.А., Пугач А.М. / ДДАУ. – № U2009 04143; Заявл. 27.04.2009; Опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16.
2. Патент № 49323 Україна, МПК А 01D 25/00. Викопувальний орган коренезбиральної машини / Кобець А.С., Сокол С.П., Науменко М.М., Кобець О.М., Волик Б.А., Пугач А.М. / ДДАУ. – № U2009 11390; Заявл. 09.11.2009; Опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8.
3. Аронин Е.Д. Метод определения коэффициентов рациональной формулы В.П. Горячкина / Е.Д. Аронин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1982. – № 4. – С. 42-44.
4. Василенко П.М. Математические модели почв, как сплошных сред / П.М. Василенко // Научные труды УСХА. – 1978. – Вып. 198. – С. 3-6.
5. Вилде А.А. Влияние конструктивных параметров лемешно-отвальной поверхности и корпуса плуга на их тяговое сопротивление / А.А. Вилде // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Рига, 1983. – Вып. 8 (15), № 4. – С. 203-230.
6. Горячкин В.П. Собрание сочинений / Под ред. Н.Д. Лучинского / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1968. – Т. 2. – 455 с.
7. Дьяков В.П. Об аномальных явлениях отклонениях формулы Горячкина / В.П. Дьяков // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. – № 1. – С. 10-12.
8. Сергеев М.П. О физической сущности составляющих рациональной формулы В.П. Горячкина / М.П. Сергеев // Труды ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1970. – Вып. 43, Ч. 1. – С. 18-21.
9. Игамбердиев И.Х. Приведенное тяговое сопротивление плуга / И.Х. Игамбердиев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981. – № 7. – С. 53-54.
10. Яблонский А.А. Курс теоретической механики / А.А. Яблонский. – М.: Высшая школа, 1977. – Ч. 2. – 531 с.

УДК 621.762:669.788

Толстенко А.В., Карпов В.Ю.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДОРОДА С ПОРОШКАМИ ЖЕЛЕЗА

Досліджено вплив водню на щільність порошоків заліза при поліморфних α - γ перетвореннях.

THE INTERACTION OF HYDROGEN WITH IRON POWDERS

The effect of hydrogen on the density of iron powders is researched in the case of α - γ transformations.

Введение. Явление возникновения водородонасыщенных метастабильных подвижных зон в полиморфных металлах дало толчок к исследованиям взаимодействия водорода с металлами при циклическом изменении температуры (ТЦО) вблизи критических точек. Водородонасыщенные зоны (Н-слои) представляют собой слои металла на границе двух фаз при полиморфном превращении. За счёт раз-

личия растворимости водорода в фазах (для железа γ и α фазы) Н-слои при определённых условиях насыщаются до очень высоких концентраций водорода (10 и более ат. %). Такое пресыщение водородом существует только при движении границы фронта превращения. При остановке превращения эта зона рассасывается ввиду высокой подвижности водорода при высоких температурах. Свойства металла в Н-слое изменяются и приближаются к свойствам вязкой жидкости, что приводит к проявлению эффекта самопроизвольной деформации.

Эти исследования проводились на плотном металле [1]. В связи с этим интересно было изучить взаимодействие Н-слоёв с порошковыми металлами, которые представляют собой заведомо высоко дефектные материалы.

Взаимодействие водорода с порошками железа. Образцы для экспериментов приготавливались в виде брикетов из порошкового железа марок ПЖ-3, ПЖ-4. Порошки рассеивались по крупности на две фракции 0-200 мкм и 300-700 мкм. Исходная пористость образцов находилась в пределах 20-35 %. Образцы предварительному спеканию не подвергались. Для части экспериментов образцы из порошка не прессовались, а использовалась их свободная засыпка в керамическую форму. Пористость образца при этом составляла 55-60 %.

Эксперименты проводились с использованием математического планирования по трём основным параметрам: скорость охлаждения (интервал 0,5-5 К/с), давление водорода (диапазон 0,1-5 МПа), интервал температур термоциклирования (1000-1300 К). Функцией отклика служила конечная пористость образца.

Для увеличения плотности образца необходимо:

- смещение интервала температур цитирования в высокотемпературную область α - γ превращения;
- увеличение давления водорода;
- снижение скорости охлаждения образца.

Из этих рассуждений следует, что если стремиться сформировать Н-слой в порошковом материале, то это приведёт к росту его пористости. Этот вывод был подвергнут экспериментальной проверке. Параметры режима ТЦО порошковых образцов были скорректированы для получения их максимальной пористости.

Существует область параметров ТЦО, при которых происходит интенсивное увеличение пористости металла. Образец «распухает», увеличивая свой объём в 1,5-2,5 раза. Подобная форма частиц без чётких границ прослеживается по всему объёму образца и отличается от его традиционной структуры.

Когда частицы порошка спрессованы, образующиеся Н-слои практически не оказывают влияния на процесс спекания. После взаимного спекания частиц по точкам контактов взаимодействие Н-слоёв с частицами порошка меняется.

При этом время жизни Н-слоёв увеличивается, что приведёт к более интенсивному деформированию частиц металла. Поскольку на этой стадии размер частиц соизмерим с размером пор, то деформация частиц по объёму идёт более равномерно. Деформация каждой частицы идёт в своём направлении, что в итоге приводит к распуханию образца.

Поровое пространство, формирует направление движения Н-слоёв по двум факторам:

- поровое пространство является стоком для водорода из Н-слоёв;
- поровое пространство формирует теплоотвод от соседних частиц и определяет направление движения Н-слоёв, а также деформацию частиц порошка.

После первых термоциклов наблюдается некоторая усадка образца (до 1-1,5%), а затем брикет начинал увеличиваться в размерах практически прямо пропорционально числу термоциклов. При этом пустоты между порами увеличиваются, а частицы порошка трансформируются в волокнообразные.

Эксперименты были проведены с порошками фракцией 300-700 мкм при тех же условиях. Процесс их набухания идёт нестабильно, часто образцы имеют разрывы на поверхности, внутренняя макроструктура неоднородна.

Существует некоторый оптимальный размер частиц, изделия из которых будут равномерно деформироваться – набухать при оптимальных параметрах процессов и их структура не будет достаточно однородна.

Этот вывод хорошо согласуется с расчётами размерного фактора образца при самопроизвольной деформации железа, сделанными Я.Е. Гегузиным с сотрудниками [2]. Согласно их расчётам, критический размер частиц, в которых возможна деформация за счёт образования Н-слоя, равен:

$$L = T_f V_T / bq (\nabla T)^2, \quad (1)$$

где L – критический размер, определяющий необходимую для формоизменения фазовую поверхность;

T_f – температура фазового превращения;

V_T – скорость нагрева, охлаждения образца;

b – эффективная подвижность фазовой границы;

q – тепловой эффект фазового превращения;

∇T – градиент температуры в образце.

Для условий наших экспериментов: $V_T = 2$ К/с; $T_f = 1200$ К; $q = 1,5 \cdot 10^{-21}$ Дж; $b = 8 \cdot 10^{19}$ м/(с·Дж); $\nabla T = 6 \cdot 10^3$ К/м. Расчёты дали критический размер частицы – $L = 5,5 \cdot 10^{-4}$ м = 550 мкм.

Для мелкой фракции порошка (до 200 мкм) необходимо время для спекания в более массивные образования, которые начнут деформироваться под действием Н-слоя.

Порошки крупной фракции (300-600 мкм) начинают деформироваться сразу с началом термоциклирования, когда взаимное спекание частиц ещё не произошло или только началось.

Исследование механических свойств спеченных брикетов показали, что образцы, термоциклированные в водороде, имеют более высокую (на 10-30 %) пластичность по сравнению с образцами, спеченными при изотермической выдержке и более высоких температурах. Время спекания образцов в 1,5-2 раза меньше, а температура на 250-400 К ниже, чем для традиционных режимов.

Эффект «набухания» порошковых материалов из железа может служить основой для технологии получения изделий с заданной пористостью без усадки в процессе спекания.

Выводы. Изменяя параметры спекания с использованием ТЦО в водороде можно влиять на конечную пористость изделия: снижать до 5-7 %, увеличивать до 60-70 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпов В.Ю., Толстенко А.В. Особенности образования водородонасыщенных зон в железе и железометаллических сплавах // Физика металлов и металловедение. – 1990. – № 7. – С. 94-99.
2. Гегузин Я.Е., Кибец В.И., Чеканов М.И. Влияние направления α - γ превращения на ползучесть поликристаллического железа // Физика металлов и металловедение. – 1980. – Т. 49, Вып. 5. – С. 1088-1092.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИЗАБОЙНОЙ ЧАСТИ МАССИВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С КОНИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ ЗАБОЯ

У рамках механіки пружно-деформованого тіла розроблена методика та розв'язана задача про напружений стан гірського масиву навколо горизонтальної циліндричної виробки. Чисельними дослідженнями виявлено значну концентрацію розтягуючих напружень у зоні ведення гірничих робіт.

THE STRESS STATE OF A ROCK MASSIF WHILE CONDUCTING THE MINING WORKING WITH THE CONICAL FORM OF FACES

A method of stress state of a rock massif near the horizontal cylindrical working is developed, and a problem of mechanics of elastically deformed bodies is solved. A considerable concentration of tensile stresses in the mining working zone is revealed by numerical calculations.

1 Постановка задачи

Экспериментальные исследования, выполненные ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины показали, что после проведения на больших глубинах горных выработок вокруг них происходит образование чередующихся зон нарушенных и ненарушенных пород. Поэтому аналитические исследования особенностей напряжённого состояния массива с тем, чтобы выяснить причину дезинтеграционных процессов, возникающих при проведении горной выработки, являются одной из актуальных задач механики горных пород.

Разработан метод и решена пространственная задача о напряжённо-деформированном состоянии горного массива в окрестностях цилиндрической выработки, при проведении которой предполагается образование конической формы поверхности забоя (рис. 1).

Результаты численных расчётов параметров поля напряжений показали, что при проведении выработки в призабойной части повсеместно возникает зона растягивающих радиальных напряжений. Поэтому, как показала практика проведения выработок, в углевмещающих породах призабойной части интенсивно развиваются межслоевые деформации, что приводит к образованию магистральных трещин, разделению массива на части, потере способности противодействовать горному давлению.

Напряжённое состояние массива при проведении выработки определяется соотношениями

$$\sigma_r = \sigma_{rr} - \gamma H; \sigma_\theta = \sigma_{\theta\theta} - \gamma H; \sigma_z = \sigma_{zz} - \lambda_0 \gamma H; \tau_{rz} = \sigma_{rz}, \quad (1)$$

где γH – начальные, а σ_{rr} , $\sigma_{\theta\theta}$, σ_{zz} и σ_{rz} – дополнительные нормальные и касательные напряжения, обусловленные образованием полости в массиве горных пород;

H – расстояние от земной поверхности до оси выработки;

γ – объёмный вес толщи горных пород;

λ_0 – коэффициент осевого давления.

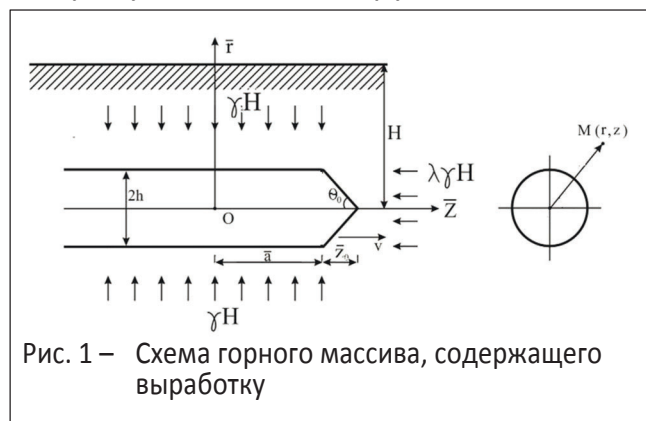


Рис. 1 – Схема горного массива, содержащего выработку