

## ПРОСТОРОВА МОДЕЛЬ ДЕФОРМОВАНОГО ГРАФІТУ

Неснов Д.В., к.т.н.

*Донецький національний технічний університет*

Тел. (062) 338-4885

Баранов Д.О., к.т.н.

*Донецький інститут автомобільного транспорту*

Тел. (062) 3010-869

**Анотація** – розроблені комп'ютерні моделі формозміни графіту при деформації високоміцного чавуну.

**Ключові слова** - комп'ютерні моделі, чавун, структура, графіт, термічна обробка.

**Постановка проблеми.** Графіт у чавуні є концентратором напруг, і перші сліди деформації виникають, як правило, поблизу його. Поблизу графіту зароджуються й перші мікротріщини. Присутність графіту в структурі високоміцного чавуну веде до зниження здатності металу до пластичного деформування. У зв'язку із цим знання форми графітових включень та їхнє комп'ютерне моделювання у вигляді тривимірних моделей має величезне значення для дослідження властивостей даного конструкційного матеріалу

**Аналіз останніх досліджень.** В останні роки в науково-технічній літературі з'явилося багато публікацій та патентів, присвячених виготовленню залізо-графітних композицій із застосуванням металургійного способу. Надання графіту певної форми та орієнтоване розміщення його в залізній матриці, структуру якої можна змінювати термічною обробкою, дозволяє отримати в виробі потрібні властивості. Але не було зроблено досліджень в галузі тривимірного моделювання графіту, від форми якого залежать властивості отриманого чавуну.

**Формулювання цілей статті.** Дослідження змін форми графіту при деформації чавуну, одержання тривимірних моделей графіту для наступного аналізу конструкційних властивостей чавуну.

**Основна частина.** Чавун з кулястим графітом є перспективним конструкційним матеріалом, що успішно заміняє дорогі сталі. У технологію виробництва виробів з нього включають пластичну деформацію, під впливом якої змінюються структура металевої основи графіту. Якщо на металеву основу можна впливати наступною термічною обробкою, то зміни в графітній фазі є необоротними через малу рухливість атомів вуглецю в графіті [3,4]. Форма графіту впливає на властивості залізовуглецевих сплавів. У зв'язку із цим важливо знати які зміни відбуваються у графіті у процесі пластичного деформування чавуну.

Металографічний аналіз робили у світлових мікроскопах Neophot - 21 й NU - 2 при загальних збільшеннях 50...500. Для одержання вичерпної інформації про формозміну графіту під час деформації чавуну прокатуванні зразки вивчали в 3<sup>х</sup> взаємно перпендикулярних перерізах: у площині прокатки, на бічній поверхні й у поперечних перерізах прокату. Отримана інформація була використана при комп'ютерному моделюванні просторової форми графіту в деформованому чавуні. Побудова починалася зі статистичної обробки і оцінки декількох тисяч часток, зображених на 10 - 15 мікрофотографіях, а також розгляду різних перерізів і пошуку середньостатистичної форми, що найбільше повно задовольняє поставленому завданню. Маючи три мікрофотографії, отримані із трьох взаємно перпендикулярних перерізів прокатоного чавуну, кожна з яких містить у собі 150 - 200 перерізів часток графіту, можна з достатньою точністю представити тривимірну модель досліджуваного об'єкта. Для цього використали систему параметричного твердотільного 3D - проектування "КОМПАС" [2], що має великий діапазон функціональних можливостей. На рис. 1 представлені мікрофотографії шліфів деформованого чавуну. Видно, що кулясті частки у вихідному чавуні в результаті прокатки зазнають формозміну, що визначається температурою й ступенем обтиснення [5]. У площині прокатки часткам надається вигляд еліпсів, незначно витягнутих у напрямку прокатки. На бічній поверхні прокату кулясті включення трансформуються з деформацією чавуну в еліпси й плоскі диски. Після більших обтиснень 60 - 70% у графітних частках виявляються тонкі відростки, витягнуті уздовж прокатки й отримавши назву «вусів» або «хвостів». У поперечних перерізах прокату графіть має вигляд еліпсів з малими радіусами кривизни по кінцях великої осі еліпса.

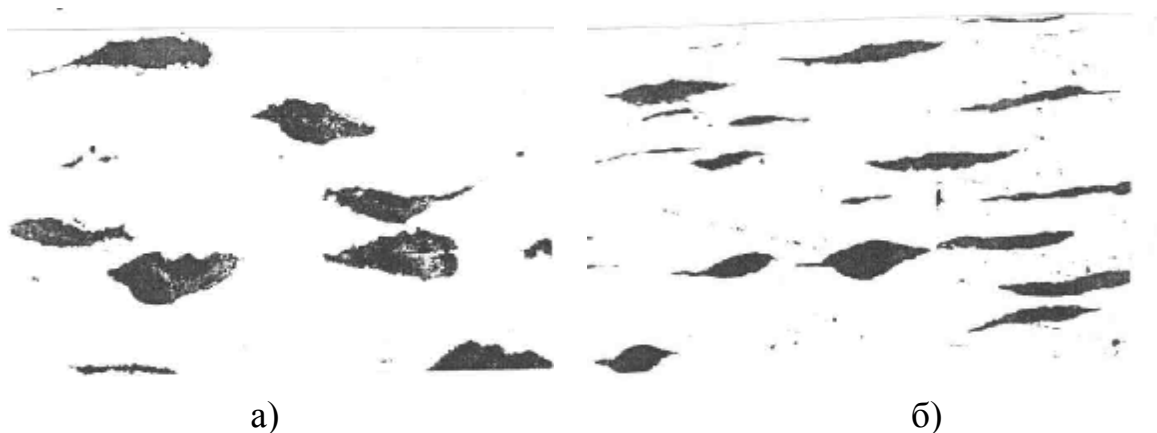


Рис. 1. Структура теплокатоного (а) та гарячокатоного (б) чавуна, х500

Отримана інформація про форму перерізів графіту використана для створення комп'ютерної моделі репродукованого вигляду графіту.

Для побудови моделі, зображеної на рис. 2а (холодна прокатка на 70%), застосовували операцію «обертання», за допомогою якої була створена нижня частина моделі. Використовуючи цю операцію, надалі приклеювали верхню - зі зміщеним центром, після чого «вирізанням» була сформована її остаточна форма. На відміну від попередньої, модель, зображена на рис. 2б (гаряча прокатка 70%), створювалася однією операцією - обертанням з наступним вирізанням [1]. До побудови моделей, вказаних на рис. 2в (холодна прокатка 30%) і рис. 2г (тепла прокатка 40%), був застосований інший спосіб побудови. Основа їхньої форми - тривимірний еліпсоїд, з вираженням у центрі моделі кулею. Формування моделей робили шляхом створення перерізів у декількох паралельних площинах з наступним «натягуванням» вихідної форми. Бічні елементи моделей формуються операцією «приклеювання» до створеного об'єкта.

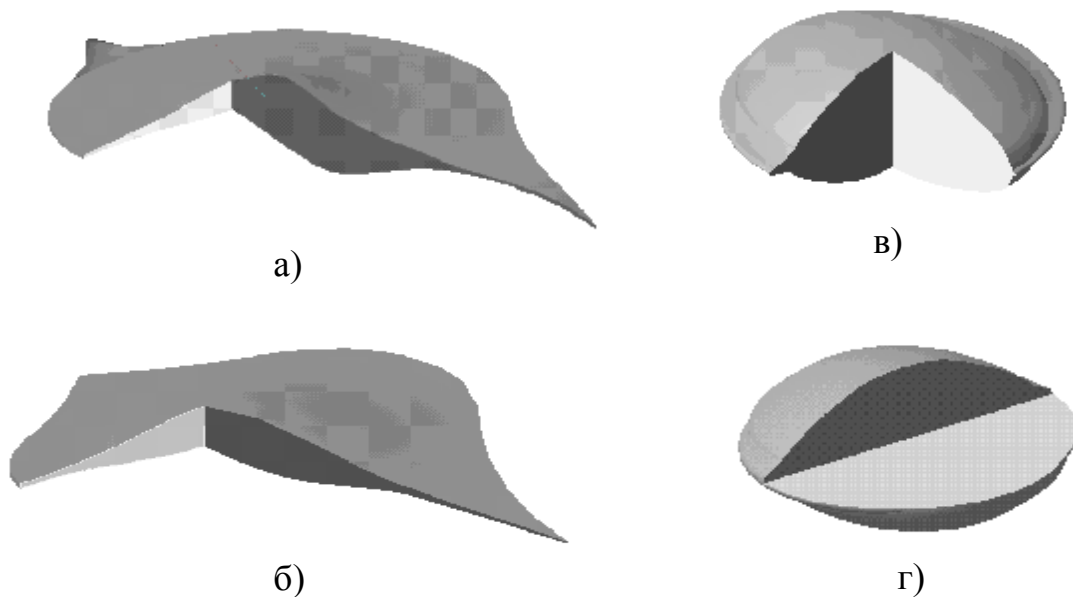


Рис. 2. Комп'ютерні моделі деформованого графіту в холоднокатаному (а, 75%; в, 30%), гарячокатаному (б, 75%) та теплокатаному (г, 40%) високоміцному чавуні

Всі етапи побудови моделі в системі фіксуються й відображаються в спеціальному вікні дерева побудов, що дозволяє редагувати будь-які конструктивні елементи, незалежно від послідовності. Використання комп'ютерних технологій дозволило істотно скоротити тривалість роботи, а також наочно ілюструвати об'єкт дослідження.

Наведені дані про просторову форму графіту в деформованому високоміцному чавуні свідчать про складності структурних змін, що

відбуваються при прокатці чавуну, у графіті. Складний характер формозміни кулястого графіту при деформації високоміцного чавуну вимагає обережного підходу до результатів металографічного дослідження плоских перерізів зразків.

*Висновки.* Таким чином, на підставі металографічних досліджень перерізів утворень графіту у високоміцному чавуні, побудована тривимірна модель графіту й простежена еволюція кулястого графіту при холодній, теплій і гарячій прокатці чавуну. За допомогою комп'ютерних моделей графіту проаналізовані особливості структур деформованого чавуну, що виявляють у різних перерізах площинами металографічного шліфа.

### Література

1. Памченко В., Николаева И. КОМПАС – 3D Новый уровень возможностей для заказчиков компании «Аскон» // САПР и графика. – 2001, №9. – С. 26 – 29.

2. КОМПАС – ГРАФИК. «ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО АО «АСКОН». – С-ПБ.: АСКОН, 1998. – 468С.

3. Влияние пластической деформации на структуру и механические свойства высокопрочного чугуна / Н. И. Бех, А. А. Снежко, В. С. Шумихин, В. И. Покровский // Литейное производство. – 1993, №12. – С. 4 – 7.

4 Щербединский Г. В., Копьев М. И. Получение деформируемого высокопластичного и высокопрочного чугуна. Структура и свойства // Металлы, 1995. - №2. - С. 96 – 100.

5. Келли А. Высокопрочные материалы. – М.: Мир, 1976. – 261с.

### SPATIAL MODEL OF THE DEFORMED GRAPHITE

**D.V. Nesnov, D.A. Baranov**

On base analysis of shape graphite particles in three mutual perpendicular rolling sections is made a computer modeling of change figure of spheroidal graphite attached to deforming of high-strength cast-iron. Finding data use by value of dominance temperature and deformation degree on graphite forming.

Сборник трудов 9-й Международной научно-практической конференции “Современные проблемы геометрического моделирования Мелітополь: ТДТА 2007. – 175 с.