

УДК 679.18:536.7-531.3.07

ОЦІНКА ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ ТА ДЕФОРМАЦІЙ НАВКОЛО ВКЛЮЧЕНЬ КАРБІДІВ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ ЕВТЕКТОЇДНОЇ СТАЛІ СТІЙОК КУЛЬТИВАТОРА

Заєць В.М., асистент

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

В статті розглянута оцінка залишкових напружень та деформацій з урахуванням фазових перетворень, виходячи з того, що головним дефектом є неметалеві включення, які впливають на довговічність.

В умовах інтеграції сільськогосподарського виробництва України в загальносвітовий ринок зростають вимоги до якості техніки, що використовується в сільському господарстві та підвищення її довговічності. У зв'язку з цим низька довговічність стійок культиваторів вітчизняних виробників в порівнянні з закордонними набуває особливої актуальності для фермерських господарств і середніх сільськогосподарських підприємств, які на відміну від великих агрохолдингів не можуть забезпечити закупівлі дорогої імпоротної техніки.

Експлуатаційні відмови є одними з найтипівіших відмов сільськогосподарської техніки, що викликані утомою [1]. Це пояснюється тим, що з одного боку сучасні матеріали та конструкції здатні витримувати великі навантаження без руйнування, отже статичні відмови є вкрай рідким явищем для даних матеріалів, а з іншого боку циклічне деформування для даних елементів конструкцій є також типовим в експлуатації. Враховуючи експлуатацію в лісі або лісгоспі, лісовій смузі, де треба проводити міжряддя, де випадковий дефект чи накопичувальна утома від постійного контакту з кореневою системою дерев приводить до зниження довговічності.

Результати досліджень. Після матеріалографічного аналізу [2,5] виявлено що основними включеннями в дослідженій сталі є карбіди, оксиди і карбонітриди, які розподілені нерівномірно по всій глибині виробу. Найбільший вплив на рівень пружньо-деформованого стану мають неметалічні включення малих розмірних груп 0,1-2 мкм і в меншій мірі 2-8 мкм. До малої розмірної групи переважно входять карбідні частки (які і формують значну частину напружень навколо включень через когерентний або частково когерентний зв'язок з матрицею) та оксиди. Сульфіди розподілені по всій глибині, але в різних розмірних групах, ближче до поверхні діаметр їх хорд менший, а в глибину діаметр хорд збільшується і досягає 10-15 мкм. Силікати розрізнені, кількість їх незначна, в порівнянні з іншими включеннями через низький вміст кремнію.

Також встановлено, що суттєвий вплив на напружено-деформований стан металу мають їх розподіл у фазах в яких знаходяться включення. На розмір карбідів можливо впливати з зменшення швидкості кристалізації.

При охолодженні матеріалу від температури гартування основний рівень напружень зосереджений в найменш пластичній складовій - в карбідах. Результати комп'ютерного моделювання в феритній фазі зі зміною діаметра включення представлені на рис. 1. Оскільки з питання зародження втомних тріщин в неметалевих включеннях присвячений ряд досліджень [3] але вплив включень на циклічну надійність більш суттєвий ніж термообробка чи зміна хімічного складу. Тому при експлуатації, металічна матриця, яка прилягає до включення, зазнає пластичну та пружну деформацію, область якої визначається формою та типом включень, а також самою структурою матеріалу. Провели моделювання напружено-деформованого стану методом кінцевих елементів [4], який показав, що напруження будуть відрізнятись від фазового складу (див. рис. 1. та рис. 2).

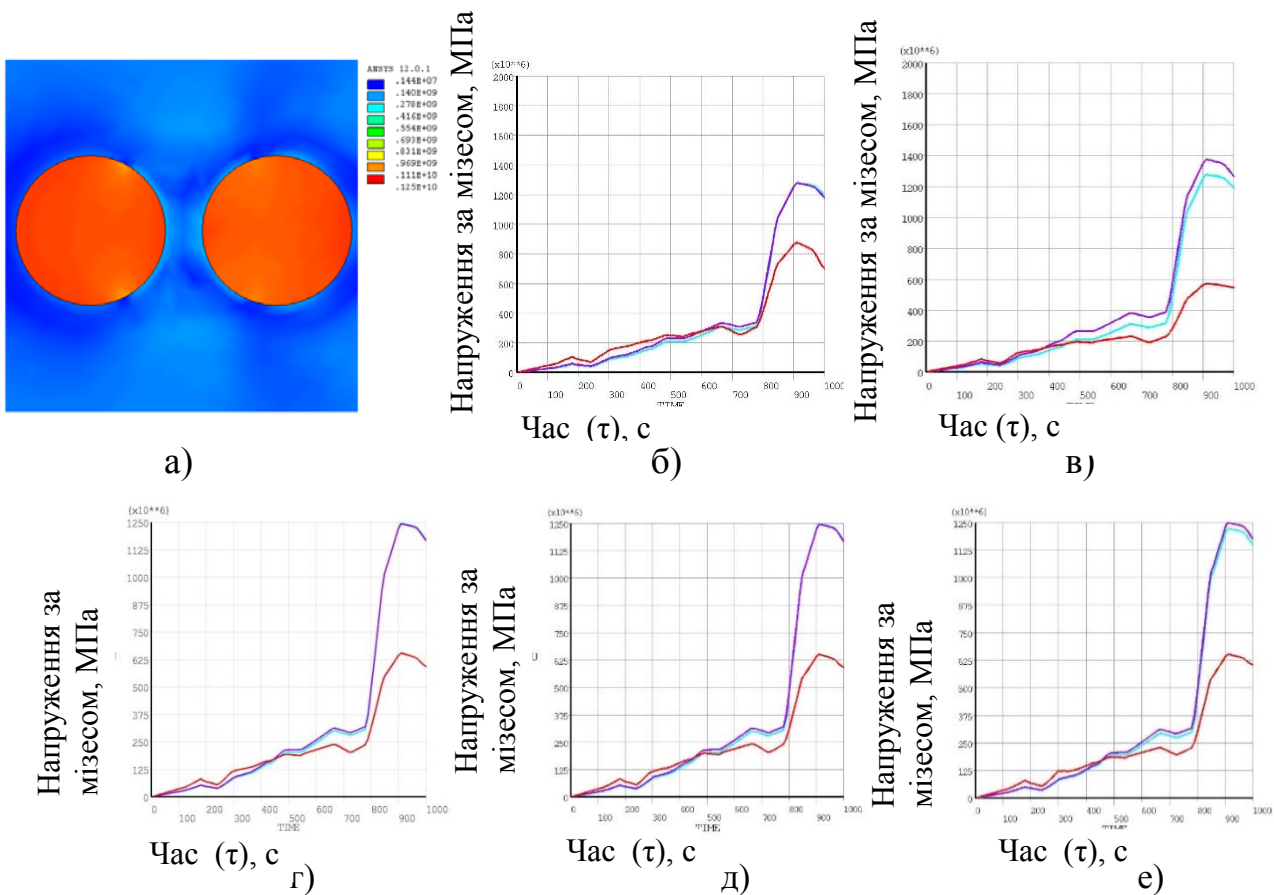


Рис. 1. Залишкові напруження в карбідній фазі (а) при відстані між включеннями 0,25d та рівень напружень при охолодженні металу від 950°С для 0,5 мкм (б-30%, в) 2 мкм (г) і 4 мкм (д), е) – неправильної форми карбіди з розміром хорд 3,5 мкм. Синя – по центру карбіду, фіолетова – по центру радіуса, червона – на краю карбіду

Феритна матриця має значну пластичність, тому рівень залишкових напружень незначний до 1300 МПа. Але, зі зміною структур фази матричного матеріалу і змінюються залишкові напруження (рис. 2). Так в перлітній матриці рівень більший, а в мартенситній менший враховуючи від точки екстремуму на 160 МПа, враховуючи, що у мартенситної фази рівень міцності. Це підтверджує і епюри представлені на рис. 3.

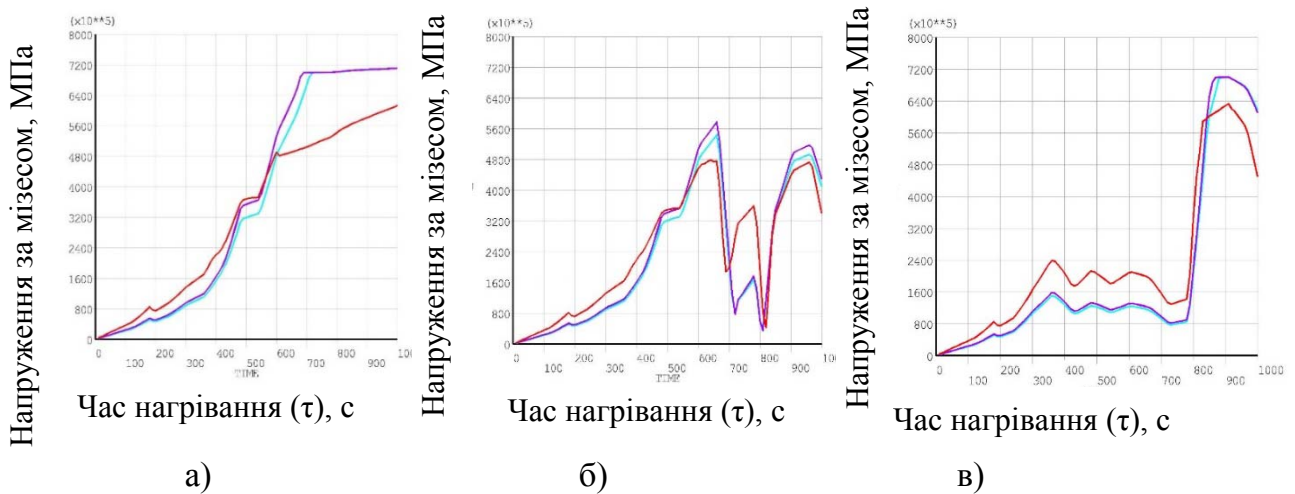


Рис. 2. Напруження в карбідній фазі (а) для відстані між включеннями $0,25D$ при охолодженні металу від 950°C для 2 мкм, а - аустеніт, б - мартенсит, в - перліт. Синя – по центру карбїду, фіолетова – по центру радіуса, червона – на краю карбїду

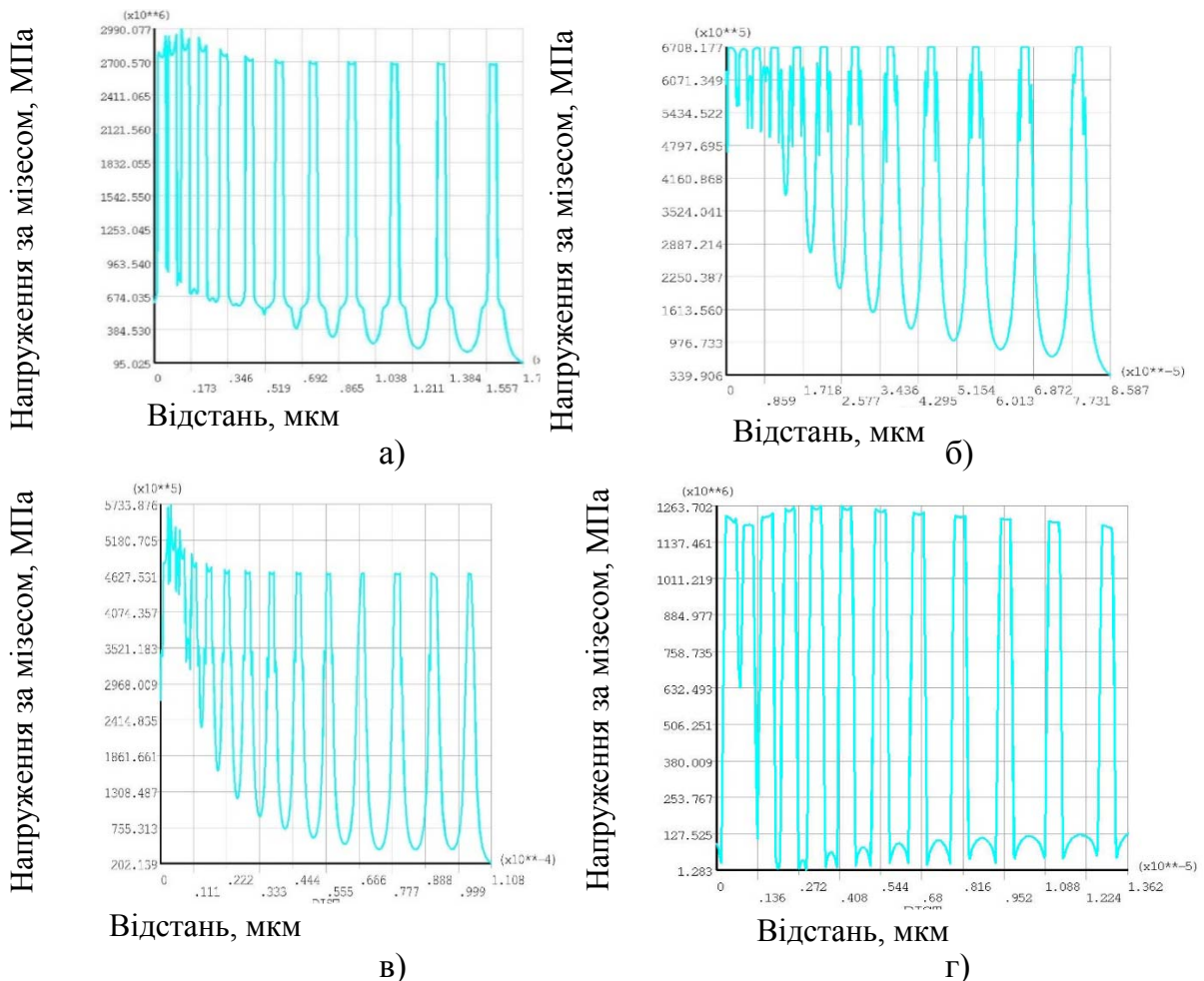


Рис. 3. Рівень залишкових напружень після фазових перетворень а - аустенітної, б - перлітної, в - мартенситної, г - феритної матриць з включеннями карбїдної фази глобулярної форми, які знаходяться на відстані від $0,25D$ до $5D$ для діаметру 2 мкм

З рис. 2 видно, що при термічній обробці напруження в центрі карбіду та центру радіуса майже зливається, але з країв карбіду більша – це свідчить за те що саме в фазовому складі є залишкові напруження, які можна побачити на рис. 3. При тому що вони менші с збільшенням їх відстані залишкові напруження менші, тому і вплив на один одного зменшується.

Рівень залишкових напружень для карбідів розміром до 2 мкм досягає до 1260 МПа в феритній, тому що вона володіє значною пластичністю, до 2990 МПа в аустенітній в перлітній від 2990 до 7365 МПа та 5735-4665 у мартенситній. Це тому що в матриці рівень корелюється не тільки від розміру але і від відстані між самими включеннями.

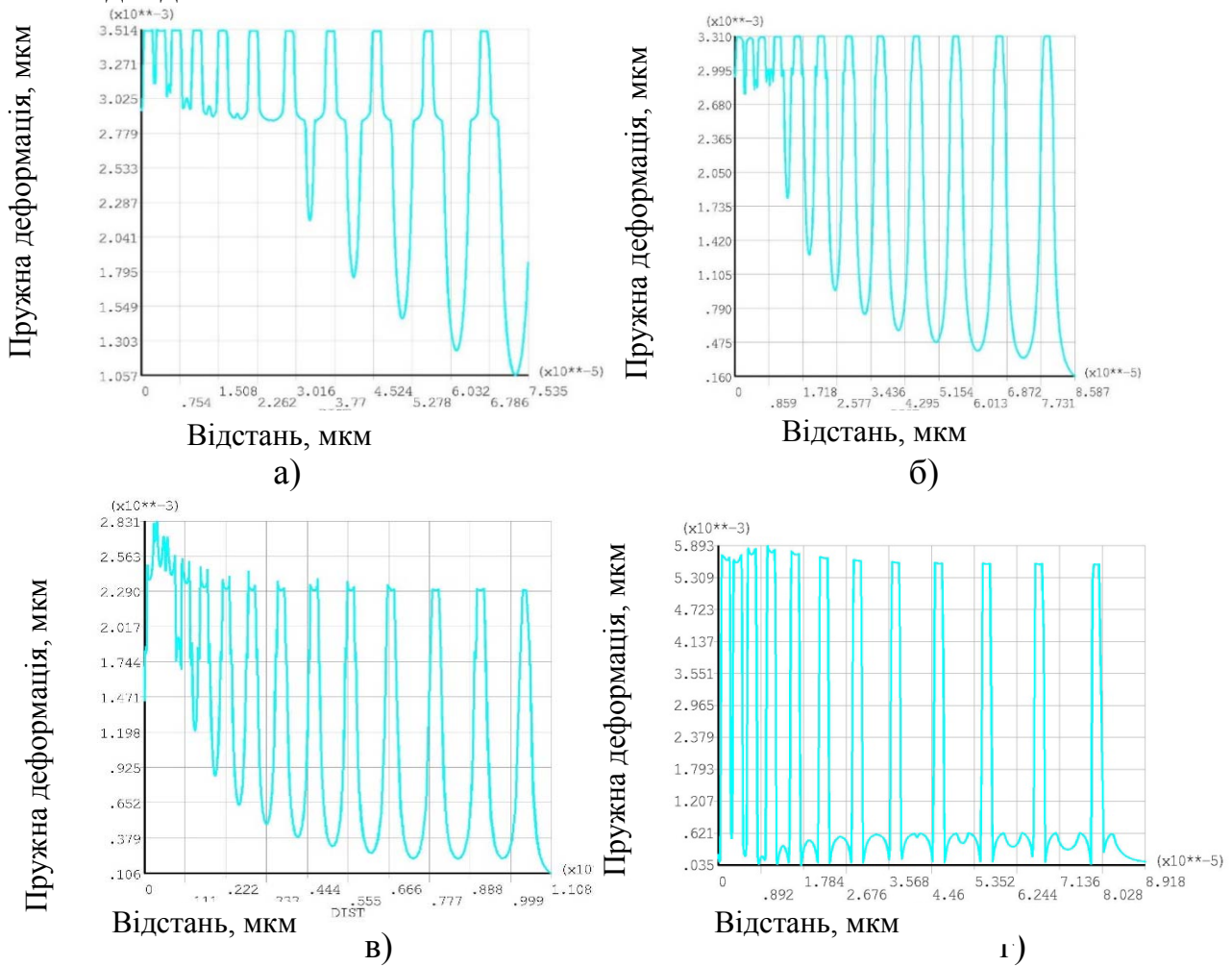


Рис. 4. Рівень пружних деформацій після фазових перетворень а - аустенітної, б - перлітної, в - мартенситної, г - феритної матриць з включеннями карбідної фази глобулярної форми, які знаходяться на відстані від $0,25D$ до $5D$ для діаметру 2 мкм

Так в більших карбідах буде формуватись зміцнення та чим більше дистанція між ними та напруження від кожного не буде впливати на сусідні включення, тоді в нас буде утворюватись «зміцнююча сітка карбідів» (рис. 5).

З збільшення охолодження аустеніту швидкість зародження центрів перлітних колоній буде збільшуватись, це буде свідчити про зменшення

розміру колоній. А оскільки ці колонії при руйнуванні ведуть себе як самостійні зерна і злами будуть на границях колоній.

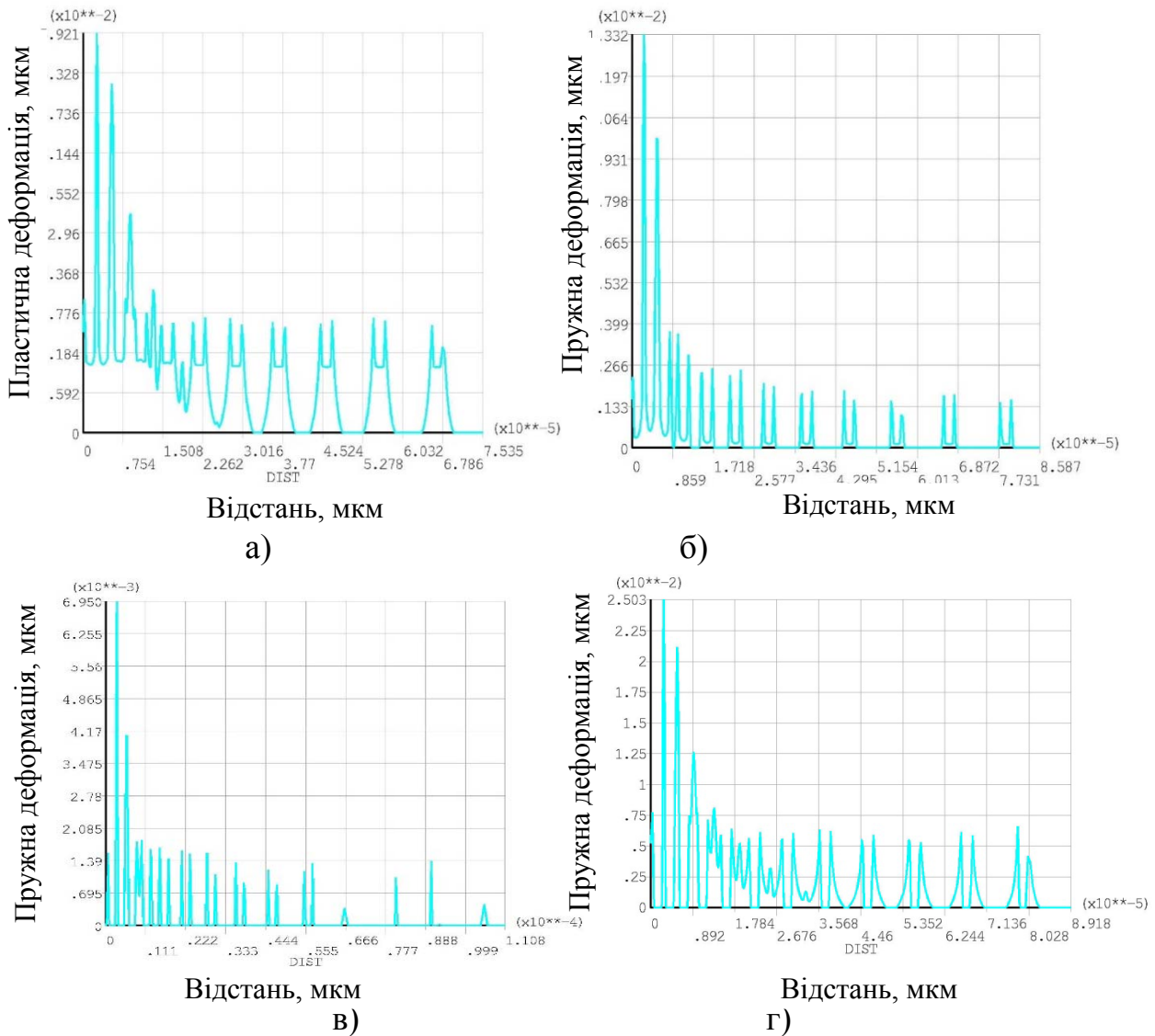


Рис. 5. Рівень пластичних деформацій після фазових перетворень а - аустенітної, б - перлітної, в - мартенситної, г - феритної матриць з включеннями карбідної фази глобулярної форми, які знаходяться на відстані від $0,25D$ до $5D$ для діаметру 2 мкм

Тобто вид мікроструктури (або фазового складу) та величина зони пластичної деформації буде проявлятися в швидкості руйнування в сплаві. Більш швидке розвинення тріщин спостерігатиметься в сплавах с мартенситною та перлітною будовою. В пластичній фазі швидкість росту тріщин зменшується, особливо це можна помітити на сплавах з декількома фазовими складовими.

Технологічні прийоми та методи поверхневого зміцнення сприяють суттєвому зміні швидкості руйнування.

Висновки. Встановлено, що суттєвий вплив на напружено-деформований стан металу мають їх розподіл у фазах в яких знаходяться включення. Виконана

оцінка напружено-деформованого стану навколо включень карбідів при охолодженні евтектоїдної сталі з урахуванням фазових перетворень методом кінцевих елементів дозволила визначити вплив відстані між включеннями різних діаметрів на рівень досліджуваного показника.

Список літератури

1. Скобло Т.С./ Прокатные валки из высокоуглеродистых сплавов./Т.С. Скобло, Н.М. Воронцов, С.М. Рудюк, Н.А. Будагьянц, В.А. Воронина. - М.: «Металлургия», 1994. – 336 с.
2. Вафин Р.К. Прочность термообработанных прокатных валков. / Р.К. Вафин, А.М. Покровский, В.Г. Лешковцев – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 264 с.
3. Власовец В.М., Заец В.Н./Моделирование процессов термической обработки катанных шаров из стали эвтектоидного состава//Новые материалы и технологии в машиностроении/ Под общей редакцией Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов. Выпуск 20. – Брянск: БГИТА, 2014. – 98 с.
4. Власовец В.М., Ефременко В.Г., Заец В.Н./Разработка методики автоматизированного подсчета количества неметаллических включений в стали при оценке качества изделий. Вестник ХНТУСХ. Вып. № 148. - 2014.
5. Сидашенко А.И., Власовец В.М., Заец В.Н. / Оценка неметаллических включений в стали эвтектоидного состава / Материалы международной научно-практической конференции Белорусского государственного аграрного технического университета: «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК» – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 361-368.

Аннотация

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ВОКРУГ ВКЛЮЧЕНИЙ КАРБИДОВ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ СТОЕК КУЛЬТИВАТОРА

Заец В.Н.

В статье рассмотрена оценка остаточных напряжений и деформаций с учетом фазовых превращений, исходя с того, что главный дефект является неметаллические включения, которые влияют на долговечность.

Abstract

ESTIMATION OF RESIDUAL STRESSES AND DEFORMATIONS AROUND INCLUSIONS OF CARBIDES UPON COOLING OF THE EUTECTOID STEEL OF THE STAND OF THE CULTIVATOR

Zaets V.N.

In the article the estimation of residual stresses and deformations taking into account phase transformations is considered, proceeding from the fact that the main defect is non-metallic inclusions, which affects durability.