

Таким чином, проектування віброформи стало важливою частиною підготовки наших здобувачів освіти до майбутньої професійної діяльності, що забезпечує їм конкурентоспроможність на ринку праці. Вони не лише здобули практичні навички, а й розвинули важливі компетенції у вирішенні комплексних виробничих завдань, що робить їх цінними фахівцями для підприємств машинобудівної галузі.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-71>

MORPHOLOGY OF THE CARBIDE COMPONENT BY CARBURIZATION OF HIGH-ALLOY STEELS

МОРФОЛОГІЯ КАРБІДНОЇ СКЛАДОВОЇ ПРИ НАВУГЛЕЦЮВАННІ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Chornoivanenko K.O.,

*PhD (Engineering),
Associate Professor, Ukrainian State
University of Science and Technologies,
Dnipro, Ukraine*

Чорноіваненко К.О.,

*к.т.н., доцент,
Український державний університет
науки і технологій,
м. Дніпро, Україна*

Навуглецьовані швидкорізальні сталі (матричні сплави) [1...6], леговані альфа-генними карбідоутворюючими елементами (W, Mo, V, Cr) відносяться до ферито-карбідного класу. При дифузійному навуглецюванні таких сталей у процесі обробки відбувається одночасно перекристалізація та карбідоутворення. У результаті утворюється аустенітно-карбідна структура, причому, природа, дисперсність і характер розподілу карбідної фази залежать від ряду факторів: вихідної структури та складу сплаву, температури навуглецювання, складу, активності і типу карбюризатора, характеру зміни температури та складу середовища для навуглецювання. Причому, далеко не завжди утворюється бажана структура з рівномірним розподілом диспергованих карбідних включень.

Так, у ряді випадків, навуглецювання не призводить до утворення карбідів, утворюється аустенітний шар, що відокремлюється від феритної серцевини звивистою і розгалуженою поверхнею розділу (рис. 1 а). Якщо карбідоутворення відбувається, але недостатньо інтенсивно – карбіди виділяються лише поблизу поверхні, а глибше спостерігається аустенітна, а потім аустенітно-феритна структура.

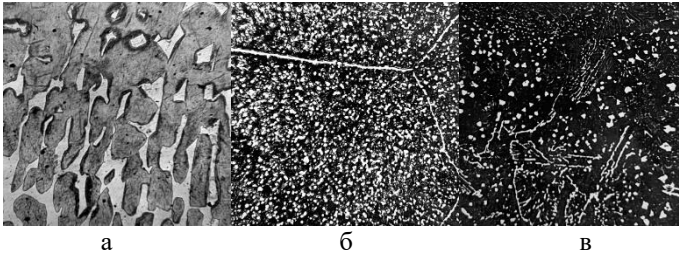


Рис. 1. Структура науглецьованого шару: а – сталь типу P3M3 (0,2 %C), обробка при $T=1000$ °C 2 години; б – сталь типу P6M5 (0,2 %C), обробка при $T=1000$ °C 2 години; в – сталь типу P2M9K8 (0,2 %C), обробка при $T=1000$ °C 2 години; теплове травлення, $\times 400$

Формування карбідних включень здійснюється на дефектах кристалічної будови – границях зерен і всередині зерен на малокутових границях, дислокаціях та інших. Переважне зародження і зростання карбідів по границях зерен призводить до утворення небажаної карбідної сітки (рис. 1 б) та карбідної неоднорідності (рис. 1 в).

За формою карбідні включення можуть бути глобулярними (рис. 2 а), пластинчастими (рис. 2 б) та розгалуженими (рис. 2 в). Можуть виникати ділянки рідини, після охолодження у цих місцях спостерігається евтектична складова (рис. 2 г).

Іноді карбідні включення ростуть кооперативно з аустенітом і утворюються аустенітно-карбідні зерна, в яких пластинчасті або стрижневі карбіди витягнуті в напрямку науглецювання (рис. 2 д). В даному випадку формуються структури, подібні евтектичним або евтектоїдним, що складаються з бікристалітних зерен, в яких кристали взаємно розгалужені один в одному.

Специфіка карбідоутворення при науглецюванні полягає в тому, що пересичення матриці вуглецем здійснюється на різній відстані від поверхні і у різний час – в першу чергу у поверхні, а далі все глибше до серцевини. Швидкість підвищення концентрації вуглецю в твердих розчинах також змінюється по глибині шару – найбільша у поверхні, при віддалені від поверхні – зменшується. Тому формування карбідів здійснюється в першу чергу у поверхні, а далі карбідоутворення розповсюджується углиб.

В ході аналізу експериментальних даних встановлено, що збільшення вмісту легуючих елементів призводить до збільшення кількості і розміру карбідних включень.

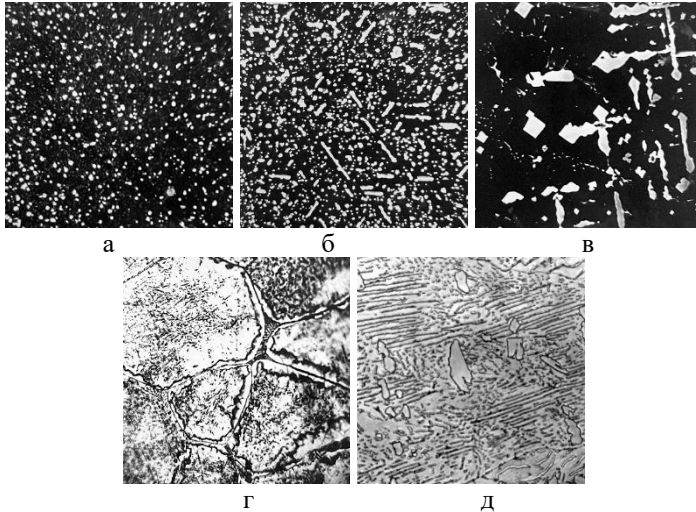


Рис. 2. Форма карбідних включень, що сформувались при науглецюванні: а – глобулярна, сталь типу P6M5, теплове травлення, x400; б – пластинкова, сталь типу P6M5K5, теплове травлення, x600; в – дендритна, сталь типу P2M9K8, теплове травлення, x600; г – скелетна евтектика, сталь типу P5M5, травлення ніталем, x400; д – карбідні волокна, сталь типу P12, травлення ніталем, x600

Таким чином, можна впевнитися, що карбідні включення, що утворились в процесі науглецювання високолегованих залізних сплавів мають різноманітну морфологію, різну дисперсність і диференціювання.

Будова карбідної фази, що формується при науглецюванні, визначально впливає на властивості дифузійного шару і, отже, на експлуатаційні якості виробу. Необхідно вміти отримувати задану структуру при науглецюванні, тому потрібно знати закономірності її формування. Структура дифузійних шарів утворюється в складних умовах одночасного перебігу $\alpha \rightarrow \gamma$ перекристалізації і карбідоутворення, при сильному взаємному впливі цих перетворень одного на інший.

Перелік використаних джерел

1. Бачурін А.П., Мовчан О.В., Педан Л.Г. Чотирифазна реакція $\alpha \rightarrow \gamma + M_6C + M_{23}C_6$ при науглецюванні сплавів Fe-Mo-Cr і Fe-W-Cr // Металознавство та обробка металів. 2001. №1-2. с. 18-21.

2. Мовчан О.В., Черноіваненко К.О. Закономірності формування трифазного композиту при науглецюванні сплавів системи Fe-W-V-C // *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2019. № 5-6. С. 76-83; <https://doi.org/10.34185/0543-5749.2019-5-6-76-83>

3. Мовчан О.В., Черноіваненко К.О. Утворення in situ композитів при науглецюванні хромистої сталі // *Міжнародна наукова конференція «Матеріали для роботи в екстремальних умовах-10»*. Київ, 2020. С. 48-51.

4. Мовчан О.В., Черноіваненко К.О. Аналіз структури науглецюваного сплаву P12Ф5K5 // *Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні»*. Київ, 2019. С. 142-144.

5. Мовчан О.В., Черноіваненко К.О. Аналіз фазових перетворень в залізних сплавах при науглецюванні // *XV Міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті»*. Дніпро-Варна, 2019. С. 133-138.

6. Movchan O.V., Chornoivanenko K.O. In situ Composites: A Review // *Progress in Physics of Metals*. 2021. Vol. 22. No. 1. P. 58-77

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-72>

DETERMINATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF AMORPHOUS COATINGS OF THE Fe-Cr-B and Fe-Cr-Ni-Co-B SYSTEMS BY THE INDENTATION METHOD

ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АМОРФНИХ ПОКРИТТІВ СИСТЕМ Fe-Cr-B та Fe-Cr-Ni-Co-B МЕТОДОМ ІНДЕНТУВАННЯ

Chugunova S.I.,

*PhD (Physics and Mathematics),
Frantsevich Institute for Problems
of Materials Science of the National
Academy of Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine*

Чугунова С.І.,

*к.ф.-м.н., Інститут проблем
матеріалознавства імені
І.М. Францевича Національної
академії наук України,
м. Київ, Україна*

Golubenko O.A.,

*PhD (Physics and Mathematics),
Frantsevich Institute for Problems
of Materials Science of the National
Academy of Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine*

Голубенко О.А.,

*к.ф.-м.н., Інститут проблем
матеріалознавства імені
І.М. Францевича Національної
академії наук України,
м. Київ, Україна*