

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМОДЕФОРМАЦІЙНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА СТРУКТУРУ Й ВЛАСТИВОСТІ БІЛИХ ЧАВУНІВ

Миронова Т. М.

Український державний університет науки і технологій

Анотація. Одним з основних завдань цієї роботи є вивчення можливості подрібнення евтектичного цементиту за допомогою багаторазового пластичного деформування й термічного оброблення. Встановлено, що на пластичність чавунів, легованих ванадієм, сприятливо впливає взаємодія процесів карбідного перетворення в цементиті та його динамічна рекристалізація. За повторного деформування після проміжного відпалювання в інтервалі температур, де ці процеси протікають, спостерігається підвищення пластичності в 1,5...2 рази. Формування зернистої структури в цементиті внаслідок статичної рекристалізації сприяє його дробленню під час подальшого оброблення тиском за температури, нижчій за T початку рекристалізації.

Ключові слова: білий чавун, відпалювання, гаряче деформування, карбідне перетворення, рекристалізація, пластичність, прокатування, кування.

Вступ

Білі чавуни належать до сплавів евтектичного типу, тобто на формування їх структури впливає евтектична кристалізація, що завершується утворенням евтектичного складника на базі карбідних фаз. Безперечним і найбільш привабливим результатом всіх робіт, пов'язаних з обробленням тиском білих чавунів, є його винятково сприятливий вплив на властивості цих сплавів. Так, у порівнянні властивостей чавунів у різному стані виявилося, що після деформування міцність збільшувалась у 2,5...4 рази, а ударна в'язкість у 2...3 і більше разів [1–3].

Аналіз публікацій

Термодеформаційне оброблення застосовувалось ще стародавніми майстрами у виготовленні зброї із так званої булатної або дамаської сталі. Невід'ємною частиною технології виробництва зброї з цього матеріалу було багаторазове кування з проміжними підігрівками. За умови такого оброблення формувалася особлива волокниста структура. Волокна з твердих вкраплень карбіду заліза чергувалися з пластичними шарами твердого розчину. Така структура забезпечувала високу твердість, пружність, міцність і зносостійкість. Вміст вуглецю в складі таких сплавів коливався 0,9...3,2 % [4–7].

Незважаючи на принципову можливість деформування білих чавунів, що доведено ще 1941 року в роботах Г. Ніпера та Є. Пивоварського, низький рівень пластичності в литому стані унеможливило широке використання оброблення тиском цих сплавів у промислових умовах. Для підвищення пластичності та інших властивостей зазначених сплавів пріоритетним є опанування керування структуроутворенням у найбільш твердому й водночас крихкому складнику – в евтектичних колоніях на базі карбіду заліза або спеціальних карбідів у легованих чавунах [8–14].

Важливо також скористатися досвідом дослідження пластичності високовуглецевих легованих сталей ледебуритного класу, що є структурними аналогами білих чавунів. Наприклад, в евтектичних карбідах швидкорізальних сталей у процесі термодеформаційного оброблення відбуваються фазові перетворення, що можуть суттєво впливати на їх технологічні та експлуатаційні властивості [14].

Мета й постановка завдання

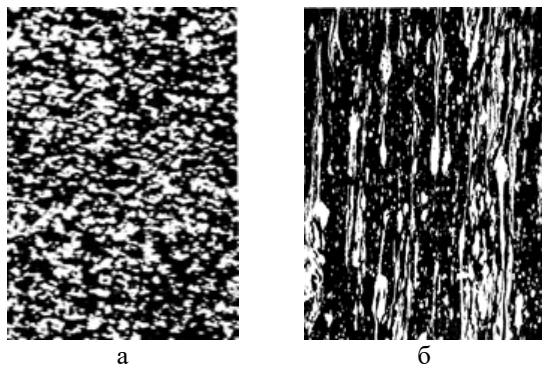
Метою роботи є дослідження впливу попереднього й проміжного термічного оброблення на формування структури евтектичного складника білих чавунів у процесі пластичного деформування, а саме порушення монолітної будови цементитного каркасу ледебуритних колоній і суцільності евтектичної сітки, а також зміна її розташування для підвищення механічних властивостей. Одним з основних завдань цієї роботи є вивчення можливості подрібнення карбідних складників, здебільшого евтектичного цементиту за допомогою багаторазового пластичного деформування й термічного оброблення.

Для досягнення поставленої мети необхідно визначити вплив рекристалізації цементиту [15, 16] на його поведінку в умовах багаторазового деформування дактильованого чавуну, що є доевтектичним ледебуритним чавуном, легованим ванадієм.

Вплив режимів термдеформаційного оброблення на формування структури й властивостей білих чавунів

Застосування карбідних перетворень для впливу на структуру евтектичного складника дало змогу досягти підвищення пластичності білих ледебуритних чавунів до рівня, достатнього для прокатування чавунних злитків навіть у промислових умовах. Для таких чавунів можливе низьке легування ванадієм 1.5...3 % у разі вмісту вуглецю 2.7...3.2 % [3]. Ефект підвищення пластичності досягається завдяки розпаду карбіду $(\text{Fe,V})_3\text{C}$ на монокарбід ванадію, аустеніт і нелегований цементит. Це перетворення відбувається не тільки під час попереднього теплового оброблення, але й безпосередньо в процесі гарячого деформування. У цьому разі спостерігається ефект дактилювання, що призводить до пластифікування цементиту [12–16].

Як продемонстрували дослідження, у процесі гарячого деформування пересичений ванадієм цементит, що зазнає розпаду, настільки пластифікується, що ледебуритні колонії сплющуються й витягаються вздовж дії напружень розтягу (рис. 1) [3].



а – у поперечному перерізі;
б – у поздовжньому перерізі

Рис. 1. Мікроструктура прокатаних зразків;
×100

Для дослідження впливу багатопрохідного деформування на структуру й пластичність ледебуритного, легуваного ванадієм чавуну було проведено випробування на гаряче кручення за такими режимами: 1–1000 °С 3 год, 680 °С 4 год (режим I); 2 – відпалювання за режимом (1), переривання деформування за умови $\varphi = 540^\circ$ одногодинною витримкою за температури випробування; 3 – відпалювання за режимом I, переривання кручення за $T = 950^\circ\text{C}$ та $\varphi = 540^\circ$ одногодинною витримкою, нагрівання до температури випробування й кручення до руйнування;

4 – попереднє прокатування ($\varepsilon = 65\%$) + відпалювання за режимом I (рис. 2)

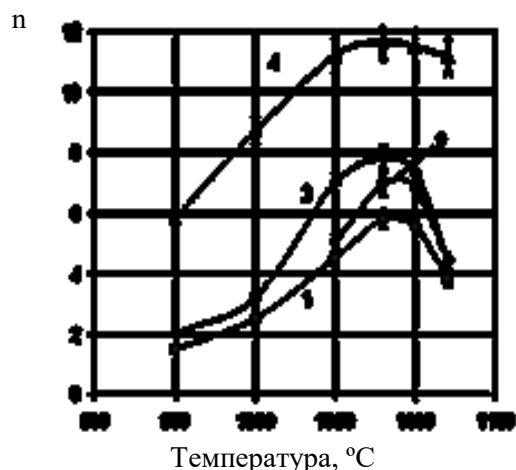


Рис. 2. Вплив попереднього деформування на залежність кількості обертів до руйнування (n) від режиму випробування чавуну з 3,02 % C, 3,01 % V

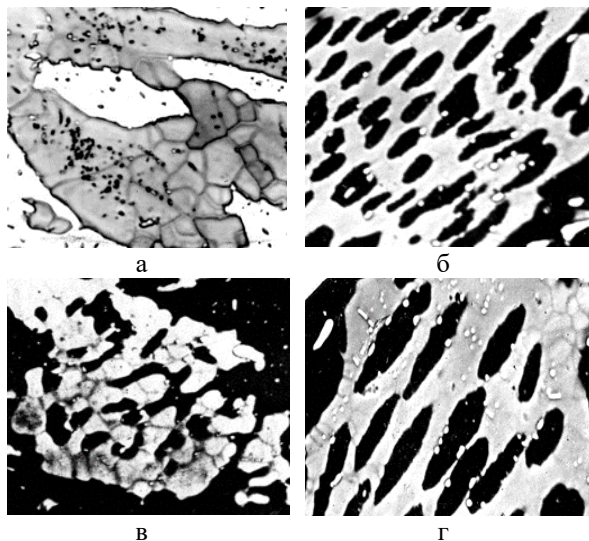
Переривання деформування й попереднє деформування суттєво підвищують пластичність дактильованого чавуну. За незначних ступенів деформації температурний фактор навіть у невеликому діапазоні (950...1120 °С) має суттєве значення (рис. 3).

За різниці в 100 °С пластичність за температури 1050 °С майже втричі збільшується порівняно з крученням за 950 °С (рис. 2, крива 2). Цей факт пояснюється тим, що в разі зазначених температур відбувається карбідне перетворення й рекристалізаційні процеси в цементиті. За температури 1050 °С і вище в цементиті формується мережа висококутових границь (рис. 3, а).

Процеси знеміцнення, що почалися за високотемпературної витримки після попереднього скручування, переходять у динамічну рекристалізацію після відновлення деформування.

За умови 950 °С тонка структура цементиту не має такої розвиненої субзернистої структури, тобто ні статична, ні динамічна рекристалізація не протікають (рис. 3, б).

У процесі кручення зразків, попередньо деформованих і витриманих за умови 950 °С, а потім випробуваних за більш високих температур 1050...1120 °С (рис. 2, крива 3), спостерігається формування границь зерен у деяких кристалах цементиту. Імовірно, що вони утворилися в процесі додаткового нагрівання за умови досягнення вищої температури випробувань.



а – якщо 1050 °С; б – 1000 °С; в – 950 °С повторно випробуваних за 1050 °С;
г – повторно випробуваних за 1000 °С

Рис. 3. Формування структури в ледебуритних ванадієвих чавунах у процесі випробувань на гаряче кручення з перериванням випробування; $\times 1200\times 2$

Загальноприйнята уява про механізми рекристалізації зводиться до того, що утворення зародків нових зерен пов'язане з перегрупуванням дислокацій, що призводить до полігонізації, яка передуює рекристалізації. Така полігонізація могла відбуватися під час витримки за більш низьких температур після попереднього скручування зразків на кут 540°. Водночас пластичність більш висока, але нижча, ніж у зразків попередньо деформованих за вищих температур випробування. Тобто за умови 1050 °С і вище, незалежно від температури попереднього й остаточного деформування, в цементиті розвиваються рекристалізаційні процеси.

Сприятливий вплив на пластичність взаємодії процесів розпаду цементиту й динамічної рекристалізації явно простежується. За повторного деформування в інтервалі температур, де ці процеси протікають, спостерігається підвищення пластичності в 1,5 раза (рис. 2).

Для вивчення впливу особливостей структурування цементиту під час його рекристалізації [15, 16] на поведінку дактильованого чавуну за багаторазового деформування зразки з вмістом 2,6...2,8 %С, 1,55...1,7 %V прокатували на лабораторному устаткуванні за умови 1050 °С за три проходи на 30, 25 і 20 % (разом 75 %) і за два проходи на 45 і 20 % з проміжним підігрівом 15 хв.

Рентгеноструктурний аналіз зразків, прокатаних в один і кілька проходів, принципових розбіжностей не виявив, тобто дефектність цементиту зростала, а релаксаційні процеси в цементиті за такий нетривалий час не встигали відбуватися, зважаючи на інкубаційний період рекристалізації (рис. 4) [15].

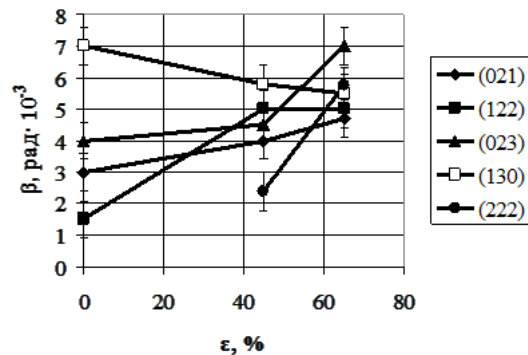


Рис. 4. Залежність ширини рентгенівських інтерференцій евтектичного цементиту від ступеня деформування в разі двоходового прокатування

Прокатаний чавун піддавався п'ятигодинному відпалюванню за температур дорекристалізаційних 750 °С, 850 °С і вище Тп.р. Відпалені зразки знову піддавали деформуванню, а саме осаджували на 50 % у тому самому напрямку, що й попереднє прокатування. Повторне деформування проводили також за температур до і вище Тп.р: 900 °С, 950 °С, 1000...1020 °С і 1050 °С.

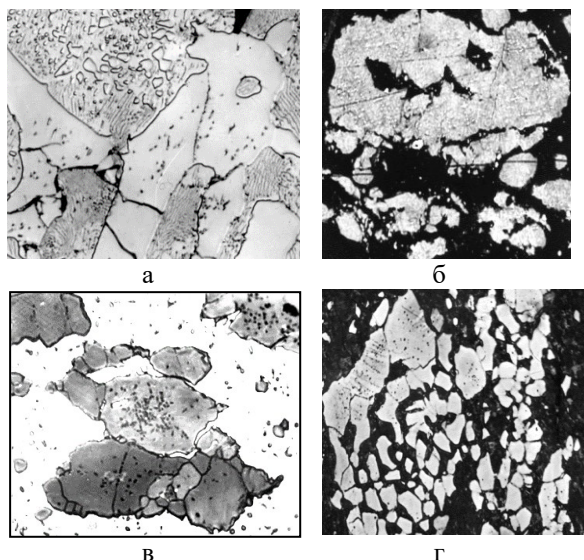
Дослідження продемонстрували, що в разі повторного осадження попередньо прокатаних зразків за температури вищої ніж 1020 °С різних режимів проміжного відпалювання формозміна цементиту, незалежно від передісторії його структурування, зводиться до аномально пластичної поведінки. Тобто переважає пластифікуючий (дактильний) механізм карбідного перетворення, яке знову має місце вже в цементиті, що раніше частково розпався на карбіди ванадію та аустеніт. Волокнистість переважає, розмір карбідних частинок у середньому змінюється незначно.

Інакше протікає повторне деформування за дорекристалізаційних температур. Температура проміжного відпалювання в цьому разі має велике значення. У зразках, відпалених за температур вищих ніж 950 °С, цементит покривається мережею великокутових границь, але в ділянках, близьких до цих границь унаслідок п'ятигодинної витримки відбувається його часткова дисоціація. Витримка за нижчих температур (750 °С та

850 °С) не призводить до подібних структурних змін – розвивається лише зворот І роду. У процесі теплового деформування таких зразків (нижче ніж 950 °С) переважає розділення цементитних кристалів, яке в низці випадків супроводжується утворенням мікротріщин (рис. 5, а, б) як на границі Fe_3C /аустеніт, так і безпосередньо в самому цементиті.

Водночас попередньо рекристалізований цементит за такої самої температури руйнувань не зазнає. Він успішно дробиться, точніше ділиться, вздовж утворених великокутових границь, а також міжфазних границь $\text{VC}/\text{Fe}_3\text{C}$. Карбідні вкраплення стають більш компактними після такого оброблення (рис. 5, з), розмір їх зменшується.

Якщо до повторного кування середній розмір евтектичних колоній становив 45 мкм у поздовжніх зразках і 20 мкм у поперечних, то після описаного теплового осадження – 10,2 і 5,2 мкм відповідно.



а – якщо 750 °С, б – 850 °С,
в – 1000 °С, з – 1050 °С;

Рис. 5. Структурні зміни в дактильованому чавуні в процесі повторного кування за умови 950 °С після проміжного відпалювання; $\times 850$

Для вивчення можливості виготовлення виробів із розроблених складів чавунів на ковальсько-пресовому устаткуванні в промислових умовах заводу «Дніпроважмаш» проводили кування злитків 25 кг і 30 кг на молоті з масою падаючих частин 1 т на заготовки таких розмірів: $\varnothing 25$ мм, $\varnothing 45$ мм, $\varnothing 30$ мм та смугу 30×100 мм. Злитки відпалювали в однокамерній печі з температурою аустенізації не меншою ніж 980 °С. Температурний інтервал кування становив 1130–

850 °С. У процесі кування прямокутної заготовки 30×100 мм застосовували проміжне відпалювання за 1000 °С протягом 1 год, що призвело до зниження твердості та підвищення пластичності чавуну. Зрештою для отримання прямокутної заготовки злитки кували за чотири проходи. Така схема за безпечила хорошу якість поверхні та високу деформованість поковок, які були використані надалі для прокатування листа [3].

Висновки

Комбіноване термдеформаційне оброблення білого легovanого ванадієм чавуну, що передбачає попереднє відпалювання, в інтервалі температур карбідного перетворення в евтектичному цементиті та багаторазове гаряче деформування з проміжними відпалюваннями суттєво підвищують пластичність чавуну й здатність деформуватися зі ступенями до 70–80 %.

Формування зернистої структури в цементиті в процесі статичної рекристалізації сприяє його дробленню внаслідок подальшого оброблення тиском за температури нижчої ніж T початку рекристалізації, а саме нижчої ніж 1000 °С, за якої дактильний ефект від карбідного перетворення знижений.

За більш високої температури переважає пластичний плин цементиту, що призводить до утворення волокнистої структури.

Розроблено режим термдеформаційного оброблення, що сприяє подрібненню карбідних вкраплень і підвищенню зносостійкості чавунних деталей.

Література

1. Vorob'eva E. L., Migachev B. A., Skoblo T. S. Structure of white cast iron and its conformity with the Charpy rule. *Metal Science and Heat, Treatment*. 1975, 17 (5), p. 415–416.
2. Myronova T., Petrusheva A. Research of possibility of application of white cast-irons for fingers of tractors. *New Technologies And Achievements In Metallurgy And Materials Engineering: A collective monograph*. Czestochowa, 2017, № 68, p. 60–65.
3. Миронова Т. М. Можливість отримання листового прокату з білого чавуну з підвищеною пластичністю. *Вісник ХНАДУ*. 2023. Т. 1, № (103). С. 53–58.
DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2023.103.0.53
4. Tavadze F. N., Amaglobeli V. G., Inanishvili G. V. and Eterashvili T. V. (1984) Electron Microscopic Studies of Bulat. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Georgian*, 113, p. 601–604.

5. Sherby O. D. and Wadsworth J. (1985) Damascus Steel. *Scientific American*, 252, 112–120. <http://dx.doi.org/10.1038/scientificamerican0285-112>
6. Verhoeven J. D., Pendray A. H., Gibson E. D. (1996) Wootz Damascus Steel Blades. *Materials Characterization*, No. 37, 9–22. [http://dx.doi.org/10.1016/s1044-5803\(96\)00019-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1044-5803(96)00019-8)
7. Verhoeven J. D., Pendray A. H., Dauksch W. E., Wagstaff S. R. (2018). Damascus Steel Revisited. *JOM*. 70 (7): 1331–1336. Bibcode:2018JOM....70g1331V. doi:10.1007/s11837-018-2915-z. ISSN 1543-1851. S2CID 139673807.
8. Jiang Jipeng, Li Shibo, Li Haolin, et al. (2017) Effect of in Situ Formed TiCx Grains on the Microstructural Modification of High Chromium White Iron. *Journal of Alloys and Compounds*. Volume 726 (5), p. 430–436. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.07.274>.
9. Maja M. E., Maruma M. G., Mampuru L. A., et al. (2016) Effect of Niobium on the Solidification Structure and Properties of Hypoeutectic High-Chromium White Cast Irons. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. Vol. 116. Issue 10, p. 981–986. DOI: 10.17159/2411-9717/2016/v116n10a14
10. Liu Hai-yun, Song Zhi-liang, Cao Qing. (2016) Microstructure and Properties of Fe-Cr-C Hardfacing Alloys Reinforced with TiC-NbC. *Journal of Iron and Steel Research International*. Vol. 23 (3), p. 276–280. DOI: 10.1016/S1006-706X(16) 30045-0
11. Zhang Jianjun, Gao Yimin, Xing Jiandong, et al. (2010) Effects of Forging and Heat Treatment on Microstructure and Properties of High Boron White Cast Iron. Conference: 9th International Symposium on Science and Processing of Cast Iron Location: Luxor, EGYPT Date: NOV 10-13., Central Metallurg Res & Dev Inst. Science and processing of Cast Iron IX. Book Series: Key Engineering Materials Volume: 457, p. 225–230. Published 2011 <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.457.225>
12. T. S. Skoblo, O. Y. Klochko, V. N. Romanchenko, E. L. Belkin. Features of the carbide phase degradation under heating and deformation. *Letters on Materials*, 2021, 11 (1), p. 22–27 www.lettersonmaterials.com <https://doi.org/10.22226/2410-3535-2021-1-22-27> PACS: 81.05.Bx
13. Myronova T., Ashkelianets A., Chukhlib V., Biba N., Gubskii S. Use of the dactyling effect to obtain a compositional structure in white iron during forming. *Scholarly Journal: APEM 2021 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 1164 (2021) 012005 IOP Publishing DOI:10.1088/1757-899X/1164/1/012005
14. Миронова Т. М. Використання фазових перетворень в евтектичних карбідах для підвищення пластичності сталей та чавунів. *МТОМ*, 2017. № 1. С. 15–19.
15. Mironova T., Proidak S. Peculiarities of Alloying Effect on the Eutectic Cementite Behavior Under Hot Rolling. *New Trends In Production engineering*. Zakopane, 2020, Vol. 2, p. 289–300. DOI 10.2478/ntpe-2019-0093
16. Myronova T., Stradomski Z. Effect Of Alloying On The Eutectic Cementite Recrystallization After Hot Deformation. *New Technologies And Achievements In Metallurgy And Materials Engineering: A collective monograph edited by Henryk Radomiak, Jaroslaw Boryca*. Czestochowa. Series: *Monographs*. 2015, № 48. P. 330–334.

References

1. Vorob'eva E. L., Migachev B. A., Skoblo T. S. Structure of white cast iron and its conformity with the Charpy rule. *Metal Science and Heat, Treatment*. 1975, 17 (5), p. 415–416.
2. Myronova T., Petrusha A. Research of possibility of application of white cast-irons for fingers of траков of tractors. *New Technologies And Achievements In Metallurgy And Materials Engineering: A collective monograph*. Czestochowa, 2017, № 68, p. 60–65.
3. Миронова Т. М. Можливість отримання листового прокату з білого чавуну з підвищеною пластичністю. *Вісник ХНАДУ*. 2023. Т. 1, № (103). С. 53–58. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2023.103.0.53
4. Tavadze F. N., Amaglobeli V. G., Inanishvili G. V. and Eterashvili T. V. (1984) Electron Microscopic Studies of Bulat. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Georgian*, 113, p. 601–604.
5. Sherby O. D. and Wadsworth J. (1985) Damascus Steel. *Scientific American*, 252, 112–120. <http://dx.doi.org/10.1038/scientificamerican0285-112>
6. Verhoeven J. D., Pendray A. H., Gibson E. D. (1996) Wootz Damascus Steel Blades. *Materials Characterization*, No. 37, 9–22. [http://dx.doi.org/10.1016/s1044-5803\(96\)00019-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1044-5803(96)00019-8)
7. Verhoeven J. D., Pendray A. H., Dauksch W. E., Wagstaff S. R. (2018). Damascus Steel Revisited. *JOM*. 70 (7): 1331–1336. Bibcode:2018JOM...70g1331V. doi:10.1007/s11837-018-2915-z. ISSN 1543-1851. S2CID 139673807.
8. Jiang Jipeng, Li Shibo, Li Haolin, et al. (2017) Effect of in Situ Formed TiCx Grains on the Microstructural Modification of High Chromium White Iron. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 726 (5), p. 430–436. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.07.274>.
9. Maja M. E., Maruma M. G., Mampuru L. A., et al. (2016) Effect of Niobium on the Solidification Structure and Properties of Hypoeutectic High-Chromium White Cast Irons. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. Vol. 116. Issue 10, p. 981–986. DOI: 10.17159/2411-9717/2016/v116n10a14
10. Liu Hai-yun, Song Zhi-liang, Cao Qing. (2016) Microstructure and Properties of Fe-Cr-C Hardfacing Alloys Reinforced with TiC-NbC. *Journal of Iron and Steel Research International*. Vol. 23 (3), p. 276–280. DOI: 10.1016/S1006-706X(16)30045-0

11. Zhang Jianjun, Gao Yimin, Xing Jiandong, et al. (2010) Effects of Forging and Heat Treatment on Microstructure and Properties of High Boron White Cast Iron. Conference: 9th International Symposium on Science and Processing of Cast Iron Location: Luxor, EGYPT Date: NOV 10–13., Central Metallurg Res & Dev Inst. Science and processing of Cast Iron IX. Book Series: Key Engineering Materials Volume: 457, p. 225–230. Published 2011 <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.457.225>
12. T. S. Skoblo, O. Y. Klochko, V. N. Romanchenko, E. L. Belkin. Features of the carbide phase degradation under heating and deformation. *Letters on Materials*, 2021, 11 (1), p. 22–27 <https://doi.org/10.22226/2410-3535-2021-1-22-27> PACS: 81.05.Bx
13. Myronova T., Ashkelianets A., Chukhlib V., Biba N., Gubskii S. Use of the dactyling effect to obtain a compositional structure in white iron during forming. *Scholarly Journal: APEM 2021 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 1164 (2021) 012005 IOP Publishing DOI:10.1088/1757-899X/1164/1/012005
14. Миронова Т. М. Використання фазових перетворень в евтектичних карбідах для підвищення пластичності сталей та чавунів. МТОМ, 2017. № 1. С. 15–19.
15. Mironova T., Proidak S. Peculiarities of Alloying Effect on the Eutectic Cementite Behavior Under Hot Rolling. *New Trends In Production engineering*. Zakopane, 2020, Vol. 2, p. 289–300. DOI 10.2478/ntpe-2019-0093
16. Myronova T., Stradomski Z. Effect Of Alloying On The Eutectic Cementite Recrystallization After Hot Deformation. *New Technologies And Achievements In Metallurgy And Materials Engineering: A collective monograph edited by Henryk Radomiak, Jaroslaw Boryca. Czestochowa. Series: Monographs*. 2015, № 48. P. 330–334.

Миронова Тетяна Михайлівна, д-р техн. наук, проф. каф. матеріалознавства і термічної обробки металів, t.myronova.myh@gmail.com, тел. +38 067-713-83-65.

Український державний університет науки і технологій, Україна, 49600, м. Дніпро, просп. Науки, 4, кімн. 220.

Research on the Influence of Thermal Deformation Treatment on the Structure and Properties of White Cast Iron

Abstract. Problem In the structure of experimental white cast iron, the eutectic component is ledeburite based on iron carbide. The large quantity of eutectic carbides on the one hand determines the high hardness of the cast iron, but on the other hand, their size and location determine brittleness and fracture under impact loads. **Goal.** One of the main tasks of this work is the grinding of eutectic cementite using plastic deformation and heat treatment. **Results and originality.** At temperatures above 1000 °C, carbide transformation occurs in eutectic cementite doped with vanadium: $(Fe,V)_3$ partially decomposes into VC and austenite. Carbide transformation enhances deformation hardening during plastic deformation. After the first stage of deformation during the annealing process, recrystallization occurs in the cementite, new boundaries are formed, on which additional vanadium carbides are formed. After rolling, the cast iron was subjected to 5-hour annealing at pre-recrystallization temperatures of 750 °C, 850 °C and above the temperature of the onset of recrystallization. After annealing, the samples were deformed again. Re-deformation was carried out at temperatures up to and above the temperature of the beginning of cementite recrystallization: at 900 °C, 950 °C, 1000 ... 1020 and 1050 °C. Combined heat and deformation treatment of vanadium-alloyed white cast iron, which includes preliminary annealing in the temperature range of carbide transformation of eutectic cementite and multiple hot deformation with intermediate annealing, significantly increases the ductility of cast iron and the ability to deform with degrees of up to 70...80%. The formation of new boundaries in cementite during static recrystallization contributes to its crushing as a result of subsequent pressure treatment at a temperature below the temperature of the beginning of recrystallization, below 1000 °C. **Practical value** A thermal deformation treatment regime has been developed that contributes to the crushing of carbide inclusions and increased wear resistance of cast iron parts.

Key words: white cast iron, annealing, hot deformation, microstructure, carbide transformation, recrystallization, plasticity, rolling, forging.

Myronova Tetiana, Professor, Doct. of Science, Department of Materials Science and Heat Treatment of Metals, t.myronova.myh@gmail.com, tel. +38 067-713-83-65.

Ukrainian State University of Science and Technology, room 220, 4 Science avenue, Dnipro, 49600, Ukraine.