

СТРУКТУРА І ВЛАСТИВОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ШТАМПОВОЇ СТАЛІ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ДЕФОРМУВАННЯ, ЛЕГОВАНОЇ ВТОРИННИМ ВОЛЬФРАМОМ

Проведено дослідження інструментальної штампової сталі для гарячого деформування 3Х2В8Ф, яку було витоплено з використанням вторинного вольфраму. При порівнянні механічних властивостей експериментальної та базової сталі суттєвих розбіжностей не спостерігалось. Висунуті рекомендації з подальшого використання лігатур, витоплених з використанням вторинного вольфраму.

Ключові слова: вторинний вольфрам, лігатури, інструментальна штампова сталь для гарячого деформування, структура, властивості, дійсне зерно аустеніту, карбіди.

Сталі, що використовуються для виготовлення штамів гарячого деформування, повинні мати високий рівень механічних властивостей при підвищених температурах. Так, пресові інструменти працюють при порівняно повільному навантаженні та великій тривалості контакту із заготовкою (0,1–0,4 м/с), що стимулює розігрівання поверхні інструмента до 650–750 °С і більше. Окрім цього, сталі для гарячого деформування повинні мати: високу в'язкість (що дає підвищення стійкості до крихкого руйнування), розпалостійкість, окалиностійкість і опір корозії під навантаженням, великою стійкістю проти короблення, стійкістю проти знеуглецювання, задовільною обробкою різанням та шліфувальністю.

Всі вище перераховані вимоги задовільняються раціональним легуванням та підбором режимів термічної обробки. Основні легувальні елементи, які використовують для легування сталей, такі: хром, ванадій, кремній, молібден, вольфрам. Інколи використовують нікель, титан, марганець, кобальт.

Вольфрам при введенні до складу штампової сталі, призводить до зменшення зерна аустеніту, а також підвищує теплостійкість. Сприятливий вплив на структуру при збільшенні його концентрації до 5 % пов'язують зі збільшенням кількості карбідів M_6C більш дисперсного розміру. Концентрація вольфраму понад 5% (мас.) сприяє збільшенню ефекту дисперсійного твердіння після гартування та високого відпускання. Також відбувається покращення теплостійкості сталі при комплексному легуванні [1].

Сучасні вимоги промисловості спрямовані на зменшення собівартості продукції при мінімальних капіталовкладеннях. Тому мета роботи ґрунтується на тому, щоб не відхиляючись від стандартних технологій виготовлення виробів, використати більш дешевий легувальний елемент із вторинного вольфраму і отримати спеціальну сталь, яка б задовольняла вимогам до

хімічного складу, механічних властивостей та структури.

Для дослідження впливу легувального елемента із вторинного вольфраму [2] на властивості та структуру була обрана інструментальна гарячештампова сталь 3Х2В8Ф.

Матеріали та методика дослідження

Витоплення сталі проводилося в печі ОКБ 862 відкритим методом. Шихтовими матеріалами були ферохром марки ФХ006 (ГОСТ 4757-91), ферованадій марки ФВд50 (ГОСТ 27130-86) та лігатура, яка була витоплена з використанням вторинного вольфраму [3], основа – технічно чисте залізо. Після витоплення сталь розливалася в чавунні кокілі з розмірами діаметром 84 мм та довжиною 400 мм. Хімічний склад витопленої сталі наведений у таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад експериментальної сталі (3Х2В8Ф^Е), витопленої з використанням лігатури із вторинного вольфраму та згідно з ТУ 14-1-5243-93

Марка	Масова частка елемента, %			
	С	Cr	W	V
3Х2В8Ф ^Е	0,3	2,6	8,4	0,21
ТУ 14-1-5243-93	0,3–0,4	2,2–2,7	7,5–8,5	0,2–0,5

Для релаксації термічних напруг відливки ізотермічно відпалювалися за режимами 840–860 °С, 4 години, перенос на 700 °С – 6 годин. Відпалювання проводили в печі СНОЛ. Твердість після обробки не перевищувала 240 НВ.

Перед куванням, для зменшення дефектності поверхні, було проведено обдирання зливка на \varnothing 55 мм. Кування здійснювалося за три етапи на пресі АКП-500 при температурі поковки від 1160 °С до 850 °С (підігрівання здійснювалося в печі Г-60). Після обробки отримали

квадрат зі стороною 20 мм, який піддали ізотермічному відпалюванню за режимом, наведеним вище.

Зразки для випробування на розтягування при кімнатній та підвищеній температурах виготовлялися згідно з ГОСТ1497-84. Було обрано тип зразка IV з робочою довжиною $l_0 = 50$ мм та діаметром $d_0 = 5$ мм. Випробування при 20°C проводилося на випробувальній машині FY100/1, а при 600 °C на машині ЦД – 4, яка оснащена пічкою. Вимірювання температури здійснювалося з точністю $\pm 3^\circ\text{C}$, витримка перед випробуванням становила 15 хвилин.

Ударна в'язкість визначалася на маятниковому копрі МК-30А (з граничною енергією 300 Дж) на зразках з U- подібним надрізом та робочим перетином 10×8 мм і довжиною 55 мм. Температура випробування – кімнатна.

Основна термічна обробка зразків проводилася за режимом: гартування $1100 \pm 10^\circ\text{C}$ в олії з наступним відпуском при $650 \pm 10^\circ\text{C}$, 2 години в печі СНОЛ, згідно з рекомендаціями [4]. Зразки розташовувалися в кварцевій трубі, кінці якої запаювалися, що дало змогу отримати мінімальний шар окислів, який при завершальній механічній обробці (шліфуванні) знімався разом з припуском.

Дослідження мікроструктури проводили на мікроскопі МІМ-8М, обладнаного цифровою фотокамерою «Оlympus» та з використанням растрового електронного мікроскопа РЕМ – 106 И при прискорювальній напрузі від 10 до 30 кВ та силі струму 60–120 μA у відбитих та вторинних електронах. Зразки механічно полірували та травили в реактиві «Марбл» (100 мл HCl, 20 гр CuSO_4 , 100 мл H_2O) упродовж 10–20 секунд та знежирювали в спирті.

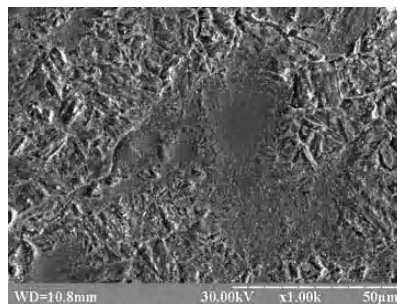
Твердість вимірювалась на твердомірі типу ТК-2 згідно з ГОСТ 9013-59 за шкалою «С» з попереднім навантаженням $P_0 = 100$ Н, а похибка при вимірюванні не перевищує 1–2 одиниці.

Результати дослідження та їх обговорення

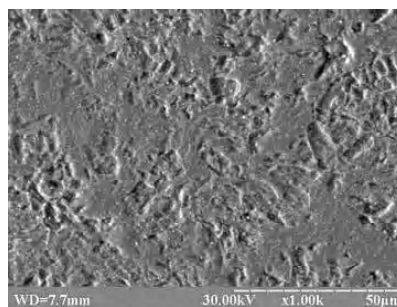
Інструментальна штампова сталь 3Х2В8Ф є однією з високолегованих (вольфрамом) сталей у своїй підгрупі, яка працює при високих навантаженнях і температурах 600–650 °C. Указана марка сталі була обрана у зв'язку зі збільшеним вмістом вольфраму в її складі, з метою дослідження впливу вторинного вольфраму на механічні властивості та структуру. Також важливим фактором для вибору сталі слугували температури експлуатації.

Дослідження мікроструктури проходили у вигляді порівняльного аналізу двох сталей (експериментальної та базової), витоплених і термічно оброблених за класичною технологією, рекомендованою УкрНДІС-пецСталь [4].

Детальний аналіз мікроструктури дає змогу стверджувати, що структура експериментальної сталі майже не відрізняється від базової і складається з феритокарбідної суміші (рис. 1).



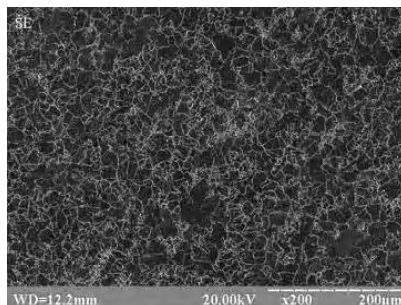
a



b

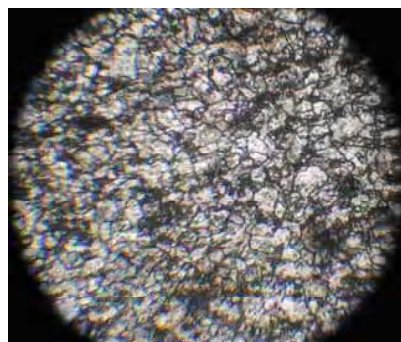
Рис. 1. Мікроструктура експериментальної сталі 3Х2В8Ф^Е (а) та базової сталі 3Х2В8Ф (б); $\times 1000$

Для визначення схильності росту зерна аустеніту зразки випробувалися за двома методиками (нагрівалися у вакуумі і повільно охолоджувалися та нагрівалися в окисному середовищі та повільно охолоджувалися). Отримані результати представлені на рисунку 2.



a

$\times 200$



b

$\times 300$

Рис. 2. Зерно аустеніту в експериментальній сталі після нагрівання до температур під гартування (1100°C) у вакуумі (а) та на повітрі (б)

Після підрахунків за методом січних [5] отримали розмір зерна на рівні № 9–10 (для сталей цієї групи розмір аустенітного зерна регламентується № 8–11). Таким чином, заміна легувального елемента на вторинний вольфрам не впливає на ріст, форму та розподіл спеціальних карбідів, які, в свою чергу, беруть участь у стримуванні росту зерна аустеніту.

Додаткове відпускання сталі 3Х2В8Ф^Е при 650 °С впродовж 4 годин, що визначає її теплостійкість за показниками твердості, не стимулювало процеси знеміцнення (таблиця 2) порівняно зі сталлю, витопленою за загальною прийнятою технологією [4].

Таблиця 2 – Результати визначення теплостійкості сталі та згідно з [4] за максимальною температурою додаткового відпускання

Марка	Твердість (HRC) після додаткового відпускання
3Х2В8Ф ^Е	41±0,5
3Х2В8Ф	40

Результати експерименту свідчать, що значення твердості сталей практично однакові. Тобто легування вторинним вольфрамом не впливає на показники твердості після відповідної витримки, що, ймовірно, є підтвердженням однакової природи і морфології спеціальних карбідів у сталях з різною технологією витоплення. У свою чергу, це дозволяє не знижувати температуру експлуатації експериментальної сталі.

Випробування механічних властивостей проводили при кімнатній температурі і температурі близькій до температури експлуатації сталі (600 °С). Результати механічних випробувань наведені в таблиці 3.

Відносна похибка при визначенні міцності та пластичності знаходилась у межах 1,0–1,3 %; видовження та звуження – 11,7–21,7 %; ударної в'язкості 10,4 %.

Середнє значення твердості у всіх випадках після повної термічної обробки складає 44 HRC, що відповідає робочій твердості сталі.

Порівняльний аналіз досліджень на розтягнення та ударне згинання свідчать про те, що легування вторинним вольфрамом не призводить до суттєвого зниження характеристик міцності або їх підвищення при всіх температурах випробування. Також не спостерігається

суттєвий вплив вторинного вольфраму на характеристики пластичності.

Сукупність отриманих результатів дозволяє визначити, що легування важкотопким бруктом у вивчених межах не впливає на механічні властивості сталі 3Х2В8Ф.

Дослідження хімічного складу фаз проводилося в характеристичному рентгенівському випромінненні від характерних точок структурних складових. Для розгляду було обрано дві точки, від яких отримані спектри та розраховані кількості елементів (рис. 3).

Точка 1 характерна для матриці сталі і хімічним складом наближається до загального хімічного складу, хоча кількість вольфраму та вуглецю завищена, що пояснюється отриманням випроміннення від частинок карбідів, які знаходяться в поверхневій зоні та захоплюються зондом. Точка 2 відповідає вкрапленню, де спостерігається підвищений вміст вольфраму та вуглецю, але за рахунок того, що діаметр зонда більший за розмір включення, маємо, окрім вольфраму, ванадій та вуглецю, значну кількість заліза та хрому.

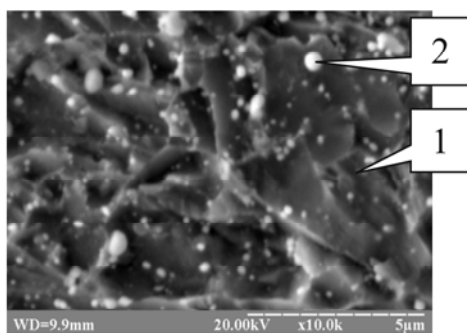
Отже, при детальному порівнянні структури, механічних та технологічних властивостей експериментальної сталі 3Х2В8Ф^Е, можна, із достатньою мірою стверджувати, що використання лігатури, що містить вторинний вольфрам, не призведе до зниження її властивостей, а при цьому вартість сталі зменшується на 19800 грн/тонну за рахунок меншої вартості вторинного вольфраму. Таким чином, є реальна можливість використовувати лігатури із вторинним вольфрамом для легування сталей та стопів на залізній основі.

Висновки

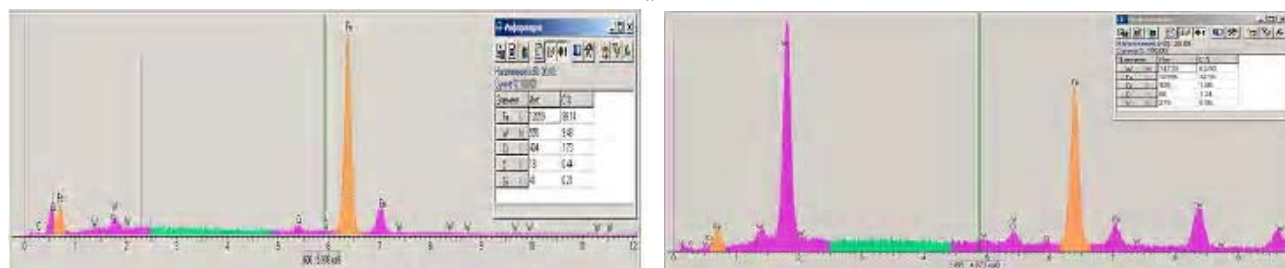
1. Витоплено експериментальну штампову сталь для гарячого деформування 3Х2В8Ф^Е з використанням вторинного вольфраму.
2. Проведено стандартну обробку зливка за технологією оброблення гарячештампових сталей.
3. Встановлено присутність дисперсних вкраплень, які класифікуються спеціальними карбідами, що виділилися під час відпуску.
4. Порівняння механічних властивостей дало змогу оцінити на кількісному рівні відповідність сталі вигодам ТУ 14-1-5243-93.
5. Рекомендовано використання вторинного вольфраму для легування інструментальних сталей.

Таблиця 3 – Механічні властивості експериментальної сталі (3Х2В8Ф^Е) та згідно ТУ 14-1-5243-93 після гартування 1100° С і наступного відпускання 650 ±10 °С

t °С	Марка	Твердість HRC	σ _{0,2} , МПа	σ _{0,2} , МПа	KCU, Дж/см ²	δ, %	ψ, %
20 °С	3Х2В8Ф ^Е	44±0,8	1512±15,3	1387±16,6	28±2,9	12±2,6	37±7,0
	3Х2В8Ф	45	1570	1400	25	10	35
600 °С	3Х2В8Ф ^Е	–	1089±11,3	–	–	13±1,6	46±5,4
	3Х2В8Ф	–	1170	–	–	11	44



а



б

№ точки	Кількість елемента (% мас.)						Всього, %
	Fe	Cr	W	C	Si	V	
1	88,14	1,73	9,48	0,44	0,21	–	100
2	32,56	1,85	63,80	1,24	–	0,55	100

в

Рис. 3. Мікроструктура сталі з відміченими місцями аналізу (а), спектрограми від місць, що аналізуються (б), приблизний хімічний склад місць, що аналізуються (в)

Перелік посилань

1. Позняк Л. А. Штамповые стали / Л. А. Позняк, Ю. М. Скрынченко, С. И. Тишаев – М. : Metallurgy, 1980. – 224 с.
2. Глотка О. А. Дослідження важкотопкого брукхту, що містить вольфрам / О. А. Глотка, А. Д. Коваль, Л. П. Степанова // Нові матеріали та технології в металургії та машинобудуванні. – 2007. – № 1. – С. 17–20.
3. Глотка О. А. Використання важкотопкого брукхту для виготовлення Fe-W лігатури / О. А. Глотка, А. Д. Коваль // Вісник двигунобудування. – 2008. – № 2 – С. 164–170.
4. Справочник по инструментальным сталям / [В. И. Канныка, В. Н. Терехов, А. Н. Мороз и др.] ; под ред. Ю. Ф. Тернового. – Х. : «Металлика», 2008. – 224 с.
5. Салтыков С. А. Стереометрическая металлография / С. А. Салтыков – М. : Metallurgy, 1970. – 376 с.

Одержано 01.06.2010

O. A. Glotka, A. D. Koval

TOOL STEEL STRUCTURE AND PROPERTIES FOR HOT DEFORMATIONS ALLOYED WITH SECONDARY TUNGSTEN

Проведено дослідження інструментальної штампової сталі для гарячого деформування 3X2B8Ф, котрою було виплавлено з використанням вторичного вольфрама. При порівнянні механічних властивостей суттєвих відмінностей не виявлено. Представлено рекомендації по подальшому використанню лігатур виплавлених з використанням вторичного вольфрама.

Ключевые слова: вторичний вольфрам, лігатури, інструментальна штампова сталь для гарячого деформування, структура, властивості, дійсне зерно аустеніта, карбиди.

The research of tool stamp steel 3X2B8Ф for hot deformation, which was smelted with the use of the secondary tungsten is provided. During comparison of mechanical properties the significant difference was not found. The recommendation for the further use of ligatures smelted with the use of the secondary tungsten are given.

Key words: secondary tungsten, master alloy, tool steel for hot deformation, structure, properties, valid grain of an austenite, carbides.