

Г.А. Баглюк
А.І. Троцан
В.В. Коваленко
Г.О. Максимова
Г.М. Молчанівська
Н.О. Уськова

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ І ЯКОСТІ СТАЛІ СИСТЕМИ Fe-Cr-Mo-V

Інститут проблем матеріалознавства НАН України

Анотація.

В роботі приведені результати металографічних, рентгеноструктурних, спектральних та механічних досліджень сталі системи Fe-Cr-Mo-V.

Ключові слова: мікроструктура, дифрактометрія, фазовий аналіз, спектральний аналіз, сорбітна сталь, механічні властивості.

Один з найбільш перспективних способів одержання та обробки сталей для виробництва зброї є метод заснований на використанні інтенсивної пластичної деформації крученням за умов високого гідростатичного стиснення. Цей метод дозволяє досягати максимальних ступенів деформації в експериментальних зразках за збереження їх цілісності. Метод інтенсивної пластичної деформації крученням при обробці трубних сталей забезпечує рівномірне фрагментування мікроструктури, призводить до формування мікророзмірних фаз і забезпечує суттєве підвищення характеристик міцності.

В роботі досліджувалась промислова сталь сорбітного класу зі стандартним хімічним складом (мас %: C-0,32; Mn-0,45; Si-0,35; Mo-0,9; Cr-3,00; V-0,25) її механічні властивості, структуру, оброблену інтенсивною пластичною деформацією крученням за різних температур.

Хімічний склад експериментальних зразків вивчали методом рентгенофлуоресцентного аналізу на спектрометрі EXPERT 3L W207U. Визначення вуглецю у зразках проводилося методом ізотермічної окисної екстракції на експрес-аналізаторі АН 7560М. Рентгенофазове дослідження складу проводили на дифрактометрі методами рентгенографії: рентгенофазового аналізу (РФА) та рентгеноструктурного аналізу (РСА) на дифрактометрі ДРОН-3 у відфільтрованому кобальтовому випромінюванні методом покрового сканування в діапазоні кутів $20 \div 130^\circ$. Вивчення особливостей мікро- та макроструктури проводилися на оптичному мікроскопі XJL-17, а також на растровому електронному мікроскопі TESCANVEGA3 із рентгенфлуоресцентним аналізатором BRUKER. Оцінку характеристик міцності проводили методом неруйнівного контролю, вимірюючи мікротвердість за допомогою алмазної пірамідки Віккерса. Інші механічні характеристики досліджували стандартними методами.

Склад відповідає марці сталі 32CrMoV12-10 із вмістом вуглецю 0,30-0,32 мас.%. Дифрактограма сплаву 32CrMoV12-10 визначається дифракційними відображеннями ОЦК - решітки α -заліза з параметрами елементарної комірки $a=0,2865\text{ нм}$, що практично відповідає параметру решітки ($a=0,2866\text{ нм}$) нелегованого заліза. На дифрактограмі є відображення карбіду заліза, карбіду хрому і карбіду молібдену. Найбільш інтенсивна лінія (110) - заліза розділена на два піку, а дифракційні лінії на великих кутах значно розширені, що є результатом деформаційного впливу і виникненням мікродеформацій в решітці α -заліза. Мікроструктура є гетерогенною дрібнозернистою сорбіто-трооститного класу з розміром зерна від 0,5 мкм до 15 мкм зі слідами інтенсивної пластичної деформації. Великі зерна мають розвинену субзернену

структуру. У структурі є нерівномірна текстура вздовж напрямку дії деформації кручення. Карбіди мають в основному сферичну форму і розташовуються переважно на дефектах кристалічної будови - границь зерен і потрійних стиках, формуючи в деяких місцях карбідні колонії і викликаючи розміцнення решітки, призводячи до холодноламкості сталі.

Мікротвердість змінюється в межах від 227 МПа до 375 МПа та для експериментальних зразків не змінюється в площі перерізу зразка. Ударна в'язкість КСУ при +20 °С для даної сталі становить 1,33 МДж/м². В таблиці 1 наведено механічні властивості сталі 32CrMoV12-10.

Таблиця 1 – Механічні характеристики сталі 32CrMoV12-10

N	T	σ_{001}	σ_{02}	σ_B	$\delta_{\text{рів}}$	$\delta_{\text{загальн}}$	$S_{\text{гвин.}}$	e	ψ
	°C	МПа	МПа	МПа	%	%	МПа		%
1	20	1049,5	1253,0	1399,9	4,48	12,67	2076,9	0,880	58,51
2	20	1009,7	1261,8	1399,9	4,19	13,36	1962,0	0,839	56,80
3	700	125,0	138,1	161,6	7,18	53,40	169,5	2,714	93,37

Досліджувана марка сталі відноситься до сталей перлітного класу. Оптимальна температура, що рекомендована для експлуатації, відповідає 500-510 °С. При знижених температурах сталь має холодноламкість, що обмежує температурний інтервал застосування. Як видно з механічних характеристик (табл. 1), сталь не може використовуватися при нагріві ствола до 700°С. Сфера застосування сталі – виробництво зброї.

Відомості про авторів:

Баглюк Геннадій Анатолійович, чл.-кор. НАН України, професор, директор Інституту проблем матеріалознавства НАН України, м. Київ, е- адреса: gbag@ukr.net;

Троцан Анатолій Іванович, д.т.н., професор, головний науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства НАН України, м. Київ, е- адреса: don1945@ukr.net;

Коваленко Валентина Володимирівна, старший науковий співробітник, к.т.н, старший науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства НАН України, м. Київ, е-адреса: vkovdp@gmail.com;

Максимова Галина Олексіївна, науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства НАН України, м. Київ, е- адреса: maksi-mova@i.ua

Молчанівська Галина Михайлівна, науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства НАН України, м. Київ, е- адреса: galina_mm@ukr.net

Уськова Наталія Олексіївна, старший науковий співробітник, к.т.н, старший науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства НАН України, м. Київ, е-адреса:

RESEARCH ON THE STRUCTURE AND QUALITY OF STEEL OF THE Fe-Cr-Mo-V SYSTEM

Abstract

The paper presents the results of metallographic, X-ray structural, spectral and mechanical studies of steel of the Fe-Cr-Mo-V system.

Keywords: microstructure, diffractometry, phase analysis, spectral analysis, sorbite steel, mechanical properties.

Information about the authors:

Baglyuk Hennadiy Anatoliyovych, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Director of the Institute of Problems of Materials Science of the National Academy of Sciences of Ukraine, cit. Kyiv, e-mail address: gbag@ukr.net;

Trotsan Anatoliy Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Institute of Problems of Materials Science of the National Academy of Sciences of Ukraine, cit. Kyiv, e-mail address: don1945@ukr.net;

Kovalenko Valentina Volodymyrivna, Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of the Institute of Problems of Materials Science of the National Academy of Sciences of Ukraine, cit. Kyiv, e-mail address: vkovdp@gmail.com;

Maksimova Galina Oleksiivna, Researcher, Institute for Problems of Materials Science, NAS of Ukraine, cit. Kyiv, e-mail: maksi-mova@i.ua

Molchanivska Galina Mykhailivna, Researcher, Institute for Problems of Materials Science, NAS of Ukraine, cit. Kyiv, e-mail: galina_mm@ukr.net

Uskova Natalya Oleksiivna, Senior Researcher, Ph.D., Senior Researcher, Institute for Problems of Materials Science, NAS of Ukraine, cit. Kyiv, e-mail: