

## **ВИЗНАЧЕННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПРИ АНАЛІЗІ МАКРОСТРУКТУРИ СПЛАВІВ**

**Крахмальов О.В., Ситников П.А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Неметалеві включення можна визначити за фізичними, геометричними, механічними і хімічними ознаками. До них належать колір, здатність до відбивання світла, розмір і форма, зміна форми при пластичній деформації, реакція з різними хімічними речовинами.

Здатність відбивання більшості неметалевих включень значно нижча, ніж у металів, і тому під мікроскопом вони мають темний колір. Сульфіди та окисли мають кращу здатність відбивання, аніж силікатні включення, і тому під мікроскопом вони мають світлий колір.

Неметалеві включення можуть мати різні розміри. Найбільшими є сторонні включення. Природні включення зазвичай мають розміри в межах 2 – 150 мкм. Для окису алюмінію характерні розміри від 2 до 7 мкм, сульфідів марганцю і заліза – від 2 до 8 мкм, силікатних включень – до 150 мкм. Розміри деяких включень залежать від умов виплавляння і охолодження. Наприклад, силікатні включення, що утворились в рідкому металі, можуть збільшуватися в розмірах в процесі витримки металу при високій температурі після розкислення. Розмір сульфідних часток залежить від швидкості затвердіння рідкого металу: чим менше швидкість, тим крупніше частки.

Частки неметалевих включень можуть мати різноманітну форму. Округлу форму мають включення закису заліза та силікатні стекла. Зустрічаються включення у вигляді дендритів, наприклад, сульфіди марганцю. Включення кристалічної, правильної форми мають нітриди титану і цирконію.

Неметалеві включення можуть розташовуватися у вигляді суцільної або перервної плівки по границям зерен. До таких включень належать сульфіди заліза ( $\text{FeS}$ ), нікелю ( $\text{Ni}_2\text{S}_2$ ), закису міді ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ).

Неметалеві включення можуть змінювати свою форму при пластичній деформації. Пластичні включення деформуються разом з металом і витягуються в нитки та рядки. До таких включень належать закис заліза, сульфідні включення заліза і марганцю, окисульфідні включення, деякі силікати. Якщо включення не досить пластичні, то при деформації вони розламуються і мають уривчасті контури. До таких включень належать силікатні включення з підвищеним вмістом кремнезему. Деякі тверді включення зберігають при деформації свою початкову форму. Це нітриди титану і ніобію, карбонітриди титану. Крихкі частки при деформації розламуються і мають вигляд ланцюгів (частки сторонніх включень вогнетривів). Неметалеві включення у більшості випадків погано впливають на властивості металів: зменшують міцність і пластичність, роблять метал крихким, знижують опір корозії, погіршують технологічні властивості. Тому склад неметалевих включень в сталі контролюють і регламентують.