

УДК 621.74.04:669.14

## ПРИЧИНИ ПОШКОДЖЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ СТАЛІ 35ХГФЛ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОМУ КОМПЛЕКСІ

Т. М. Буряк, к. т. н., Н. В. Ярошенко, А. О. Тараненко

*Державне підприємство "Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут трубної промисловості ім. Я.Ю. Осади",  
м. Дніпропетровськ*

Сталі типу 35ХГФЛ у якості зносостійких матеріалів призначені для виготовлення литих деталей металургійного і гірничодобувного обладнання, машинобудування (для екскаваторів, тракторів, вагонів). Робота деталей відбувається в умовах значних навантажень, у т.ч. у холодний період при знижених температурах. У сукупності це сприяє прискореному їх виходу з ладу. Метою роботи було встановлення причин руйнування головок траків екскаваторів під час експлуатації в умовах гірничо-збагачувального комбінату. Матеріалом досліджень служили фрагменти головок траків із сталі 35ХГФЛ (рис. 1, табл.), зруйнованих у зимово-весняний період.



**Рис.1.** Поверхні зламів головок траків, зменшено втрійчі: а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3.

Візуальний огляд показав, що загальний вигляд деталей після руйнування характеризується неоднорідною будовою поверхонь зломів, тобто появою зон з різним рельєфом, макроорієнтованістю, кристалічністю, шорсткістю від в'язкого (рис. 1 а) до квазікрихкого типу (рис. 1 в). У зв'язку з різноманітністю поверхонь зломів було зроблено припущення про порушення технології виготовлення головок траків, що здобуло підтвердження у наступному.

Документом, що нормує вимоги до сталі 35ХГФЛ є ГОСТ 977-80 "Отливки стальные. Общие технические условия". Хімічний склад досліджених зразків наведено у таблиці.

Відповідно до отриманих даних встановлено, що хімічний склад усіх трьох зразків суттєво різняться: зразок №1 практично відповідає марці 35ХГФЛ з урахуванням допустимих відхилень за вмістом вуглецю на верхньому порозі, за вмістом ванадію на нижньому порозі, з перевищенням марганцю від стандартної норми; зразок № 2 має перевищення за вмістом кремнію, марганцю, фосфору, сірки і завищеним вмістом алюмінію; зразок №3 на верх-

## Строительство, материаловедение, машиностроение

ній допустимій межі з урахуванням допустимих відхилень містить вуглець і марганець на тлі аномально високих сірки і особливо фосфору, вміст яких перевищує усі допустимі межі.

*Таблиця*

*Хімічний склад головок траку, % ваговий*

№ зразків	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Cu	Al
1	0,386	0,415	1,78	0,029	0,016	0,403	0,098	0,080	0,077
2	0,351	0,990	1,50	0,062	0,049	0,630	0,096	0,152	0,231
3	0,390	0,318	1,45	0,127	0,053	0,481	0,103	0,117	0,096
Норми ГОСТ 977-88 для сталі 35ХГФЛ	0,28–0,38	0,20–0,50	1,00–1,40	≤ 0,040	≤ 0,040	0,20–0,60	0,10–0,25	–	–

Аналіз впливу легуючих елементів і домішок [2–4] на властивості сталі показує наступне. Марганець підвищує міцність і зносостійкість. Занизький чи завищений вміст марганцю відповідно до регламентованого в оптимальних межах суттєво погіршує властивості конструкційної низьколегованої сталі, насамперед призводить до крихкості. Чим нижче вміст вуглецю і фосфору, тим більшим концентраціям відповідає корисний вміст марганцю. Кремній і марганець посилюють зростання зерна, при збільшенні концентрації цих елементів вище норми вони сприяють підвищенню порогу холодноламкості, зниженню пластичності, ударної в'язкості. Алюміній при вмісті понад 0,1–0,15% призводить до зростання зерна і підвищення порогу холодноламкості. Вміст хрому на рівень ударної в'язкості і поріг холодноламкості оцінюється, як нейтральний або слабо негативний. Фосфор є найбільш шкідливим елементом з сильною ліквациною здібністю, знижує ударну в'язкість, підвищує поріг холодноламкості і схильність до окрихчування. Розчинність фосфору у залізі складає 0,02–0,03%. При збільшенні його кількості він утворює сегрегації на границях зерен і може при певних умовах утворювати фосфідну евтектику. Окрихчуюча дія фосфору посилюється при збільшуванні вмісту вуглецю. Аномально шкідливим вважається вміст фосфору 0,05% і більше. Під впливом фосфору також посилюється схильність до крихкого злому. При термічній обробці збагачені фосфором феритні ділянки у структурі можуть бути причиною крихкості. Сірка також є шкідливим, сильно ліквуючим після фосфору елементом з малою розчинністю в залізі (0,02–0,03%). При збільшених концентраціях утворює евтектики на границях зерен та включення сульфідів марганцю. Хоча сірка і знижує поріг холодноламкості, при цьому вона зменшує ударну в'язкість, тобто підвищує опір в'язкому руйнуванню, але знижує опір крихкому руйнуванню. Ванадій підвищує межу міцності і сприяє подрібненню зерна. Вуглець підвищує показники міцності, але сприяє крихкості особливо у присутності фосфору.

В усіх досліджених зразках мали місце відхилення від нормативу. Особливо слід відмітити завищений вміст шкідливих елементів сірки (0,49–0,53%) і фосфору (0,062–0,127%) у зразках №2, 3. В металі спостерігається підвищений вміст елементів, що підвищують поріг холодноламкості.

Будова зломів і крихкість руйнування прямо залежить від вмісту фосфору: 0,029%  $P$  – в'язкий тип з фрагментами крихкого руйнування (зразок №1, рис. 1 а) → 0,062%  $P$  – змішаний тип в'язкого і крихкого руйнування (зразок №2, рис. 1 б) → 0,127%  $P$  – крихкий тип з фрагментом квазікрихкого злому (зразок №3, рис. 1 в).

У макроструктурі головок траків на прошліфованих, протравлених поверхнях були виявлені дефекти: поверхневі тріщини довжиною від 5 до 20 мм з порами та сторонніми включеннями, подібними до шлакових. Безумовно, що подібні дефекти у якості концентратора могли сприяти розвитку руйнування під час роботи екскаватора. У мікроструктурі також виявлено наявність включень, тріщин, пор, раковин різної дисперсності (рис. 2). Дефекти у вигляді пор та раковин однозначно утворилися на стадії лиття і кристалізації деталі, а от тріщини могли виникнути як при кристалізації або термічній обробці, так і при експлуатації внаслідок порушень у хімічному складі і структурі.

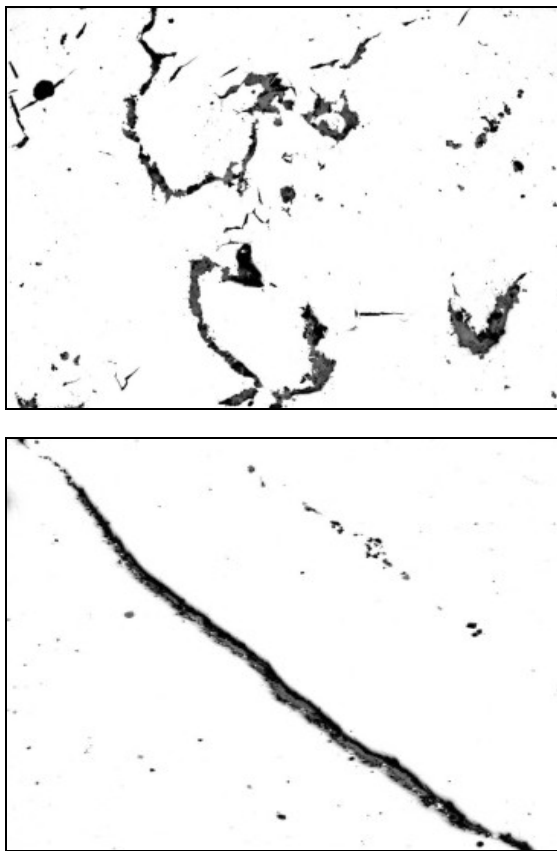


Рис. 2. Дефекти у деталі 2,  $\times 33$ .

Згідно з ГОСТ 977-88 відливки із сталі 35ХГФЛ повинні бути термічно обробленими за режимами: нормалізація 850–890°C з відпуском 700–740°C або гартування 840–880 °C з відпуском 700-740°C.

Мікроструктура деталей представляє ферито-перлітний конгломерат з різною формою і розмірами структурних складових у кожному із зразків (рис. 3). У зразках №1 і №2 це тріщини по границям первинного зерна аустеніту з наявністю фериту по границям зерен, що суттєво знижує властивості матеріалу (рис. 3 а, б).

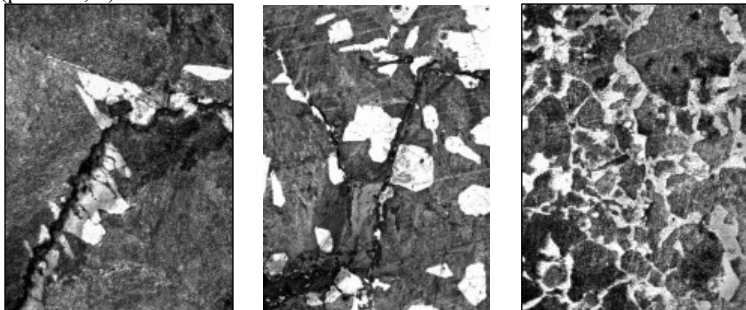


Рис. 3. Мікроструктура металу у травленому стані,  $\times 165$ : а – деталь №1; б – деталь №2; в – деталь №3.

Крім того у зразку №1 спостерігається аномально крупне зерно аустеніту. У зразку №3 значна різнозернистість з переважанням дрібних зерен з оторочкою фериту навколо зерен перліту (рис. 3, в). Така структура також є не дуже благоприємною. У сукупності, усе вищенаведене свідчить про те, що термічна обробка деталей за штатним режимом не виконувалась, або виконувалась з порушеннями. Структурній нестабільності також сприяли відхилення у хімічному складі.

Неблагоприємно сформовані структурні і хімічні показники призвели до прискороного виходу з ладу головок траків при експлуатації у холодний період року.

### Висновки

1. Результати дослідження металу зруйнованих при експлуатації головок траку екскаваторів із сталі 35ХГФЛ показують відмінність за хімічним складом, будовою злому з типом руйнування, макро- і мікроструктурою. У сукупності це свідчить про нестабільність технології виготовлення деталей.

2. Причиною руйнування є незадовільна якість металу. Дефекти деталей, як і характер руйнування носять металургійне походження і є наслідком виробничого порушення технології. Задля запобігання отримання неякісних деталей рекомендовано здійснення системного контролю стабільності і точності усього технологічного процесу з систематичним збором і обробкою даних щодо якості продукції, що дозволить визначити критичні за причиною утворення браку операції з корегуванням технології.

### Перелік використаних джерел

1. Гольдштейн Я. Е. Низколегированные стали в машиностроении / М.: Машизд., 1963. – 240 с.
2. Гуляев А. П. Металловедение / М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
3. Гудремон Э. Специальные стали, Т. 2 / М.: Металлургиздат, 1960. – 700с.