

темплети та виготовляли шліфи для виконання металографічних досліджень. Металографічні дослідження зразків сплаву виконували на оптичних мікроскопах МІМ-7 та МІМ-8М.

Аналізом одержаних результатів встановлено, що використання циліндричного стержня із алюмінієвого сплаву в якості мішалки для механічного перемішування та подальша силова обробка твердо-рідкого металу є ефективним технологічним рішенням для одержання виливків з недендритною глобулярною структурою первинної фази із алюмінієвого сплаву АК7ч. Ймовірно, що при механічному перемішуванні вказаного досліджуваного сплаву, циліндричний стержень із алюмінієвого сплаву, який обертається в розплаві, створює велику кількість центрів кристалізації та рівномірно розподіляє їх в об'ємі металу. Все це сприяло одержанню фасонних виливків з недендритною глобулярною структурою первинної фази із частково закристалізованого алюмінієвого сплаву АК7ч.

УДК 669.15-194.3:621.671

**В. Г. Новицкий, С. Я. Шипицын, В. Л. Лахненко,
В. А. Локтионов-Ремизовский, Н. Н. Грибов.**

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,
г. Киев*

Тел. +380 44 4241322, e-mail: v_novytskyi@ukr.net

ХРОМИСТЫЕ СТАЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ “GREEN TRIBOLOGY”

На мировых трибологических конгрессах в Японии 2009 г., Италии 2013 г., Китае 2017 г. отмечено, что повышение долговечности машин и механизмов за счет новых материалов дает большой положительный эффект в области экологии окружающей среды, уменьшении энергозатрат и повышении безопасности здоровья людей. Особое внимание уделяется новому направлению в трибологии – "Green Tribology" [1, 2], где отмечается, что 23 % вырабатываемой в мире энергии расходуется на трибологических контактах. На трение расходуется 20 % энергии, а 3 % энергии расходуется на замену изношенных деталей. За счет результатов исследований в области трибологии можно экономить до 1,4 % валового внутреннего продукта страны (GDP).

Одним из основных элементов тепломеханического оборудования тепловых и атомных электростанций являются насосные агрегаты, ремонт которых связан с огромными материальными и трудовыми затратами. Надежность, долговечность и экономичность этих агрегатов в большой мере определяется работоспособностью узлов уплотнений, работающих в сложных условиях трения скольжения и коррозионно-эрозионного разрушения.

Использование для узлов уплотнений стали 20X13 не позволяет минимизировать технологические зазоры, отвечающие мировым стандартам, из-за склонности стали к схватыванию и сильному износу, что не позволяет уменьшить величину зазоров в уплотнениях рабочих колес и системах гидроразгрузки, а также увеличить КПД насосов и уменьшить расход электроэнергии, потребляемой центробежными насосами. Применение литых сталей 120X15Г и 120X15Д [3] для деталей уплотнений позволит уменьшить их трение и износ, что отвечает задачам "Green Tribology".

Исследовались трибологические характеристики стали 120X15Г и стандартной стали 20X13 в условиях граничного трения (в зону контакта подавали воду) и процесс формирования вторичной структуры при трении скольжении. Схема испытаний - вал (контртело – сталь 20X13) – вкладыш (исследуемые стали). Скорость скольжения 1 м/с и удельная нагрузка 5 МПа. Микроструктура стали 20X13 после отпуска представляет собой феррито-карбидную смесь, состоящую из высокохромистого феррита и карбида типа $Cr_{23}C_6$, а стали 120X15Г – феррито-карбидную смесь из высокохромистого феррита и карбида типа Me_7C_3 с эвтектикой ($\alpha + Me_7C_3$) по границам зёрен.

Трибологические испытания сталей показали, что износ стали 120X15Г в 4,4 раза меньше, чем стали 20X13. Уменьшение износа стали 120X15Г обусловлено появлением эвтектики в исходной структуре стали 120X15Г, а также предварительным накоплением дефектов кристаллической структуры в стали 20X13 в процессе её получения. В поверхностном слое стали 20X13 после трения не наблюдается $\alpha \leftrightarrow \gamma$ превращения, и диссипация энергии трения осуществляется за счёт тепловых полей и изменения характеристик структуры α -фазы, которые выражаются в увеличении микроискажений III рода ($\sqrt{u^2}$) $_{\alpha}$ в 1,5 раза и плотности дислокаций (ρ) $_{\alpha}$ в 2,2 раза.

Для стали 120X15Г наблюдается уменьшение количества α -фазы в 2 раза и появление γ -фазы. Дополнительным фактором для диссипации энергии трения является протекание $\alpha \leftrightarrow \gamma$ превращений в слоях трения и в них устанавливается динамическое равновесие между α - и γ -фазами, а также равенство плотностей дислока-

ций в α - и γ -фазах. Полученные результаты будут использованы при разработке сталей для деталей проточной части центробежных насосов (Рис. 1).



Рис. 1 – Детали узла разгрузки ротора от осевого усилия

Список литературы

1. *Nosonovsky M., Bhushan B.* Green tribology: principles, research areas and challenges // *Philosophical transactions of the royal society, A.* – 2010. - 368. – P. 4677-4694.
2. *Holmberg K., Erdemir A.* Influence of tribology on global energy consumption, costs and emissions // *Friction.* – 2017. – 5, no 3. – P. 263-284.
3. *Novytskyy V. G., Havryliuk V. P., Tikhonovich V. I.* Effect of copper on wear rate of stainless Fe-Cr-C-Cu steel for power industry under sliding friction // *Proceedings of 4th European Stainless Steel Science and Market Congress, June 10-13, 2002, Paris, France.* – P. 380-385.

УДК 621.771.062:669.715

**О. В. Ноговіцин, А. С. Нурадинов, О. Л. Гончаров, І. Р. Баранов,
Д. О. Петренко, І. А. Нурадинов**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ

Тел.: +38 044 424-04-52, e-mail: alexey.nogovitsyn@gmail.com

ВПЛИВ ГАРЯЧОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАС- ТІВОСТІ ЛИТОЇ СТРІЧКИ ЗІ СПЛАВУ Д16

Сплав Д16 (EN 2024) відносяться до сплавів серії 2xxx, що містить в якості основних легуючих елементів мідь і магній. Додатково легований марганцем. Листи з