

УДК 621.318.2:621.785.6

Фасоль С.О.¹, Климов О.В.², Почионова Н.В.³

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² канд.техн.наук доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. ІФ-212сп НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ ТЕРМОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ МАГНІТОТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

Магнітотверді матеріали набули широкого застосування для виробництва постійних магнітів. Їхньою важливою характеристикою є максимальна питома магнітна потужність, яка відповідає половині добутку значення залишкової індукції B_r на коерцитивну силу H_c . В умовах експлуатації через неминуче коливання температури та вплив ударних і вібраційних навантажень можуть змінюватися властивості сплавів, тому їх стабільність оцінюється за можливими змінами структури.

Згідно з теорією феромагнетизму, матеріали складаються з доменів із паралельно орієнтованими спінами. Намагнічування відбувається через ріст сприятливо орієнтованих доменів та поворот їх магнітних моментів у напрямку зовнішнього поля.

Термомагнітна обробка (ТМО) - це метод обробки металевих матеріалів, який застосовується для зміни їх властивостей шляхом певного циклу нагріву в зовнішньому магнітному полі. Під час ТМО відбуваються структурні зміни, пов'язані з перебудовою атомів, згущенням матриці, зняттям залишкових напружень і переорієнтацією магнітних доменів у сприятливому напрямку.

За хімічним складом, станом і способом одержання магнітотверді матеріали поділяються на: леговані сталі, що гартуються на мартенсит, литі магнітно-тверді сплави, магніти з порошків, магнітно-тверді ферити та пластично деформовані сплави. Найвищі магнітні властивості мають сплави системи Fe-Ni-Al-Co з добавками титану та ніобію, які відомі як сплави ЮНДК.

При дослідженні впливу температури гартування (1060, 1080, 1100°C) на сплави ЮНДК35Т5БА, ЮНДК35Т5 та ЮН15ДК25БА виявлено, що високотемпературна β -фаза перетворюється на низькотемпературні фази β_1 та β_2 . Фаза β_1 є феромагнітною, а β_2 - слабо феромагнітною, тому важливо отримати однорідну β_1 -фазу пластинчастої форми.

Збільшення температури гартування з 1060°C до 1100°C приводить до підвищення магнітних властивостей: $(BH)_{\max}$ з 70 до 78 кДж/м³, H_c з 100 до 109 кА/м, B_r з 0,9 до 1,0 Тл для сплаву ЮНДК35Т5БАА. Це пояснюється повнішим завершенням перетворення β -фази на β_1 та β_2 -фази, а також зростанням кристалів утворених фаз.

Термічна обробка в магнітному полі напруженістю 160 кА/м має вирішальний вплив на формування пластинчастої форми кристалів β_1 -фази, що забезпечує високі значення коерцитивної сили та залишкової індукції. Магнітне

поле під час охолодження створює переважну орієнтацію магнітних доменів, що сприяє виникненню текстури та анізотропії магнітних властивостей.

Для оптимізації властивостей сплаву ЮН15ДК25БА досліджено вплив температури відпуску (550, 600, 650°C) та тривалості витримки (5, 10, 15 годин). Виявлено, що з підвищенням температури відпуску від 550 до 650°C, навіть при скороченні тривалості витримки з 15 до 5 годин, спостерігається зростання магнітних властивостей. Це відбувається завдяки повнішому дорозпаду високотемпературних фаз і вирівнюванню хімічного складу β_1 -фази.

Нагрівання зразків разом з піччю до температури гартування 1080°C забезпечує більшу тривалість перебування в інтервалі фазових перетворень, що сприяє їх повнішому завершенню та однорідності структури порівняно із завантаженням у попередньо нагріту піч.

Сплав ЮНДК35Т5БА містить ніобій, який, як і алюміній, кобальт і титан, покращує магнітні властивості. Крім того, структура цього сплаву монокристалічна, на відміну від рівновісної структури сплаву ЮНДК35Т5. Завдяки цим факторам ЮНДК35Т5БА має вищі магнітні властивості, що дозволяє знизити масу і габарити магнітних систем. Після термомагнітної обробки магнітні властивості характеризуються кривими розмагнічування. Аналіз кривих показує, що максимальне значення розмагнічування для сплаву ЮН15ДК25БА має місце при зменшенні напруженості поля H від 86 до 55 кА/м зі зростанням індукції B від нуля до 1,00 Тл.

Експериментально встановлено, що оптимальним режимом термічної обробки для сплаву ЮН15ДК25БА є нагрівання зразків разом з піччю до 1080°C, ступінчасте охолодження в магнітному полі напруженістю 200 кА/м (від 1080 до 850°C зі швидкістю 200°C/хв, від 850 до 500°C - 25°C/хв) та відпуск при 650°C протягом 5 годин. За цих умов отримано найвищі значення магнітних властивостей: $(BH)_{\max} = 73$ кДж/м³, $H_c = 86$ кА/м, $B_r = 1,41$ Тл.