ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 241 1975

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИЧНОСТИ И ПРОЧНОСТИ СПЛАВА ЮНДК24

В. С. ГОЛОВЕНКО, Л. М. СЕДОКОВ, Д. Я. ЧИГИРИНСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

В современных электрических машинах и приборах, в радиотехнических и электронных устройствах получили большое распространение постоянные магниты, для изготовления которых используются разнообразные магнитные сплавы на основе железа.

К таким сплавам относится сплав ЮНДК24, химический состав которого характеризуется следующими данными: Al — 8%, Ni — 14%, Cu — 3%, Co — 24%, остальное — Fe.

Сплав ЮНДК24 и его модификации отличаются высокой прочностью, низкой пластичностью, повышенной анизотропией структуры, хорошими магнитными свойствами. Магнитные свойства этого сплава можно существенно улучшить, применяя, например, предварительное пластическое деформирование. Поэтому возникла необходимость в разработке метода, позволяющего обеспечить повышенную пластичность чрезвычайно хрупкого сплава без нарушения сплошности его структуры.

Для изучения механических свойств закаленных сталей и повышения их пластичности Б. Д. Грозин [1] использовал всестороннее неравномерное сжатие. Образец из закаленной стали по этой методике вставлялся в обойму из пластичного материала. При сжатии образца в обойме удалось зафиксировать существенное увеличение пластичности закаленной стали.

В работе [2] также было получено увеличение пластических свойств серого чугуна. Эту методику мы положили в основу способа получения повышенных магнитных свойств сплавов типа ЮНДК24. Для изучения механических свойств сплава ЮНДК24 были выбраны модификации: сплав ЮНДК24Т, легированный 0,5% титана, и непосредственно ЮНДК24.

Легирование сплава титаном было вызвано необходимостью получения исходной однородной структуры и улучшением условий исследования рекристаллизации сплава. С этой же целью предварительно до деформирования сплавы термообрабатывались на γ-фазу.

Следует отметить, что исследование механических свойств сплава ЮНДК24 как типичного представителя весьма хрупких материалов вызывает определенный теоретический и практический интерес и с точки зрения теории пластичности и прочности, методики определения механических характеристик, изучения процесса разрушения, накопления повреждений и способности хрупких материалов к упрочнению.

Для экспериментального решения указанных вопросов в лаборатории кафедры сопротивления материалов Томского политехнического института было проведено несколько серий испытаний со сплавом ЮНДК24: определение механических характеристик при линейном растяжении и сжатии, исследование пластичности и прочности при всестороннем неравномерном сжатии.

Тщательно проведенными опытами на линейное растяжение десяти призматических (17,5×18×200 *мм*) и десяти круглых образцов (диаметр 8 *мм*, длина рабочей части 40 *мм*) получены следующие механические характеристики сплава ЮНДК24: временное сопротивление разрыву $\sigma_P = 11$ *кг/мм²*, максимальная осевая деформация $\varepsilon = 0{,}065\%$, коэффициент Пуассона $\mu = 0{,}27$, модуль нормальной упругости $E = 2{,}04 \cdot 10^6$ *кг/см²*.

При испытаниях на осевое сжатие были использованы цилиндрические образцы, имеющие размеры: диаметр 10 *мм*, высота 15 *мм*. При таком отношении высоты к диаметру влияние трения на торцах образца было незначительно [3].

По результатам испытаний на линейное сжатие двадцати одного образца была построена кривая (1) в координатах $\sigma_i - \varepsilon_i$, представленная на предлагаемом рисунке.

Максимальное напряжение при сжатии составило $\sigma_C = 163 \pm 8{,}1$ *кг/мм²*, деформация, соответствующая этому напряжению, была равна $\varepsilon = 2{,}3\%$, а деформация в момент разрушения достигала величины $\varepsilon = 3\%$.

Результаты испытаний при всестороннем неравномерном сжатии представлены на рисунке кривой (2) для сплава ЮНДК24 и кривой (3) для сплава ЮНДК24Т. Кривые получены после обработки результатов сжатия образцов из этих сплавов в обоймах из стали 10 с высотой 15 *мм* и диаметром 60 *мм*.

Из сопоставления указанных кривых 1, 2, 3 видно, что сплавы ЮНДК24, сжимаемые в обойме, имеют повышенную прочность и пластичность. Так, для сплава ЮНДК24 предел прочности составил $\sigma_B = 680$ *кг/мм²*, пластичность, соответствующая этому пределу, — $\varepsilon = 8\%$, для сплава ЮНДК24Т соответственно $\sigma_B = 705$ *кг/мм²* и $\varepsilon = 6{,}5\%$, что составляет увеличение предела прочности по сравнению с линейным сжатием в 4,2 раза и соответствующей ему пластической деформации в 2,8—3,5 раза.

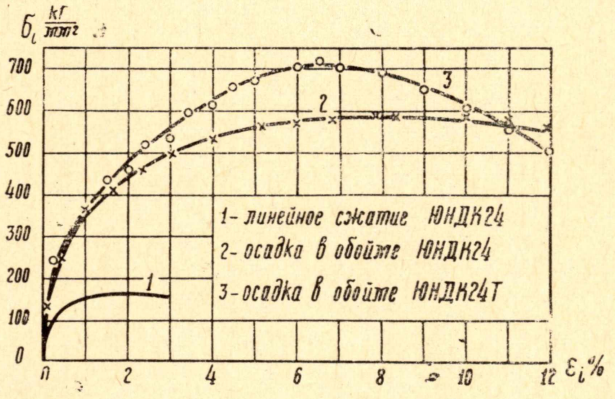

Рис. 1. Кривые деформирования сплавов ЮНДК24 и ЮНДК24Т при одноосном и всестороннем сжатии

Тем самым подтверждается упрочнение материалов в этом случае, если условиями нагружения удается увеличить величину относительной пластической деформации. После достижения предела прочности при линейном и всестороннем сжатии наблюдается понижение напряженности, что соответствует началу процесса разрушения, сопровождающегося интенсивным увеличением количества микротрещин и ростом их размеров. Этот процесс хорошо наблюдается при исследовании структуры соответствующих образцов.

После испытаний сплава ЮНДК24 при неравномерном всестороннем сжатии были проведены специальные исследования по выявлению влия-

ния предварительной пластической деформации на процесс рекристаллизации сплава и улучшения его магнитных свойств.

Сжатые в обоймах образцы из сплава ЮНДК24 до различных степеней осадки (от 1 до 10%, примерно через один процент) подвергались отжигу в течение одного часа при температурах 1250°, 1300° и 1350°. Затем строилась диаграмма рекристаллизации металлографическим методом по статическому изменению величины зерна, что позволило найти «критическую» степень деформации и соответствующую температуру рекристаллизации.

При температуре 1250° С оптимальная предварительная пластическая деформация составляет 6,22%.

Если средний статистический размер зерна в исходном состоянии равен 0,08 *мм*², то при температуре рекристаллизации 1350° С и предварительной пластической деформации порядка 4% он составил 1,21 *мм*², т. е. имеет место 10—15-кратное увеличение. Определенные зерна при этом возрастали в 150—200 раз [4].

Таким образом, всестороннее неравномерное сжатие сплавов ЮНДК24 и ЮНДК24Т не только резко изменяет его прочность и пластичность, но существенно улучшает рекристаллизационные свойства, что представляет определенный практический интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Грозин. Механические свойства закаленных сталей. Машгиз, 1951.
2. Л. М. Седоков. Исследование пластичности и прочности серого чугуна. «Известия высших учебных заведений», Физика, № 5, 1959.
3. Л. М. Седоков. Статические испытания хрупких материалов. «Стандартизация», № 1, 1961.
4. Д. Я. Чигиринский, В. С. Головенко. «Механизм и кинетика рекристаллизации сплава ЮНДК24». Сборник докладов всесоюзного симпозиума по ферромагнитным материалам, Львов, ноябрь, 1969.