

1. Aleksandrov K.S., Beznosikov B.V. Century Structural phase transitions in crystals (family of potassium sulfate). Novosibirsk: Russia, 1993. 287 p.
2. Abdusabirov R.U., Grjaznov J.S., Zaripov M.M. The Electronic paramagnetic resonance of ions Cu^{2+} in K_2SO_4 // FTT. 1970.12, 2-S.657-659.
3. Chowdari B.V.R., Venkateswarlu P. Electron paramagnetic resonance of Mn^{2+} in K_2SO_4 // J. Chem. Phys., 1968. 48.1. P. 318-327.
4. Rabinovich V.A., Havin Z.JA. short a chemical directory. Leningrad, the USSR, 1991. 432 p.
5. Nygymanova A.S. The center of a photoluminescence in crystals $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Sm}$ // the Bulletin the Hag. 2001. № 3 (23). S. 41-43.
6. Zhumataev E.K., Kuketaev T.A., Nygymanova A.S. Features of a photoluminescence in crystals $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Sm}$ // «Valihanov readings-7», materials international scien.-pract. confer., volume-8. Kokshetau. 2002. S. 21-23.
7. Meyerson E.E., Halenov O.S., Pljusnin D.O. Electro-conduction $\beta\text{-K}_2\text{SO}_4$ and firm electrolytes on its basis. Almaty. (Dep. In KazgosINTI, 12.05.94 № 4686. Ka 94).
8. Kozlova N.I., Kuketaev T.A., Mcerson E.E., Murashova Z.F. Cultivation of activated crystals K_2SO_4 from water solutions K_2SO_4 with various activators // the Phenomenon of carrying over in difficult multicomponent systems, vol. scien. theor. Karaganda. 1990. S. 77-85.
9. Murasheva Z.F. Radiating of property of crystals K_2SO_4 activated by heterovalency ions // Autoref. cand. diss. Karaganda, 2002. 18 p.
10. Turmuhambetova E.T., Mahmetov T.S., Sagyndykova G.E. Deficiency influence cation lattices on roentgenoluminescence of potassium sulfate // Materials of 5th scientific Kazakhstan conference on physics of solid body. A part II, Karaganda. 1999. P. 79.
11. Kuketaev T.A., Murashova Z.F., Sagyndykova G.E. The Thermostimulated luminescence of potassium sulfate activated by thallium // Materials of 7th international conference «Physics of solid body release», Ust Kamenogorsk. 2002. P. 71-73.
12. Sagyndykova G.E. Optical and radiating properties of crystals LiKSO_4 activated like-mercury by ions // Autoref. diss. cand. Karaganda, 2004. 21 p.
13. Mahmetov T.S. The mechanism of recombining luminescences in K_2SO_4 and $\text{K}_2\text{SO}_4\text{-Cu}^{2+}$ // Autoref. cand. diss. Karaganda. 1998. 17 p.
14. Sheludko V.I., Nedilko S.G., Boiko V.V. Post-annealing green luminescence of sulfate crystals // Funct. Matter. 2003-10.1. P. 93-97.

УДК 621.714.13

Влияние процесса карбонитрации на износостойкость чугуна

О.А. ШАРАЯ, к.т.н., доцент директор ИМ,

А.А. КУСЖАНОВА, магистрант кафедры ММиН,

Карагандинский государственный технический университет

Ключевые слова: карбонитрация, упрочнение, химико-термическая обработка, износостойкость.

В современном машиностроении задача комплексного улучшения эксплуатационных свойств металлических материалов в значительной степени связана с разработкой новых технологических процессов поверхностного упрочнения изготовленных из них изделий. Эта задача решается на основе комплексного подхода, объединяющего принципы формирования химического состава материала и затем структуры путем разработки технологических процессов его упрочняющей обработки.

Одним из таких процессов является разработанная в МГТУ им. Н.Э. Баумана профессором Д.А. Прокошкиным технология жидкостной карбонитрации. Карбонитрацию используют для повышения износостойкости, сопротивления усталости и в сочетании с оксидированием – для увеличения коррозионной стойкости. Во многих случаях технология карбонитрации является альтернативой таких процессов, как поверхностная закалка, гальваническое хромирование, цементация, нитроцементация и др.

В работе исследовались структура и свойства се-

рого и высокопрочного чугуна после карбонитрации, при которой происходит одновременное насыщение поверхности изделий азотом и углеродом из неядовитых расплавов циановокислых солей.

Сущность метода заключается в том, что инструмент и детали машин подвергают нагреву в расплавах циановокислых солей при температурах 540-580 °С с выдержкой инструмента от 5 до 40 мин, деталей машин от 1 до 3 часов.

В жидком состоянии компоненты взаимно растворяются, эвтектика состава 8 вес. % K_2CO_3 и 92 вес. % KCNO кристаллизуется при температуре 308 °С. Из диаграммы следует, что для карбонитрации при температурах 540-580 °С могут применяться расплавы, содержащие от 0 до 30 % K_2CO_3 и от 100 до 70 % KCNO .

По данным Д.А. Прокошкина, наиболее целесообразно использовать ванну состава 75-80 % цианата калия и 15-20 % карбоната калия (поташа). При большем содержании поташа он выпадает в виде твердой фазы, расплав загустевает и становится непригодным для использования [2].

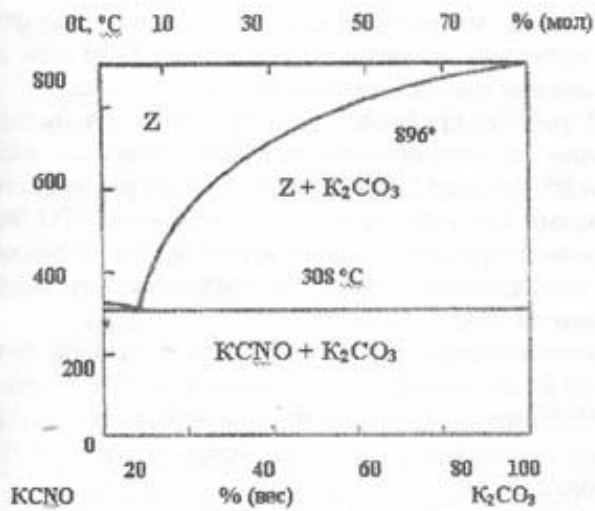


Рисунок 1 – Диаграмма состояния системы KCN-O-K₂CO₃

Процесс карбонитрации получил широкое распространение для упрочнения металлорежущего инструмента из быстрорежущих сталей. Структура и свойства чугуна после карбонитрации в настоящее время еще недостаточно изучены, а характер взаимодействия при химико-термической обработке во многом зависит от материала изделия.

Объектом исследований явились образцы из серого СЧ25 и высокопрочного ВЧ60 чугуна после карбонитрации. Типичный вид микроструктуры чугуна после карбонитрации представлен на рисунке 2.

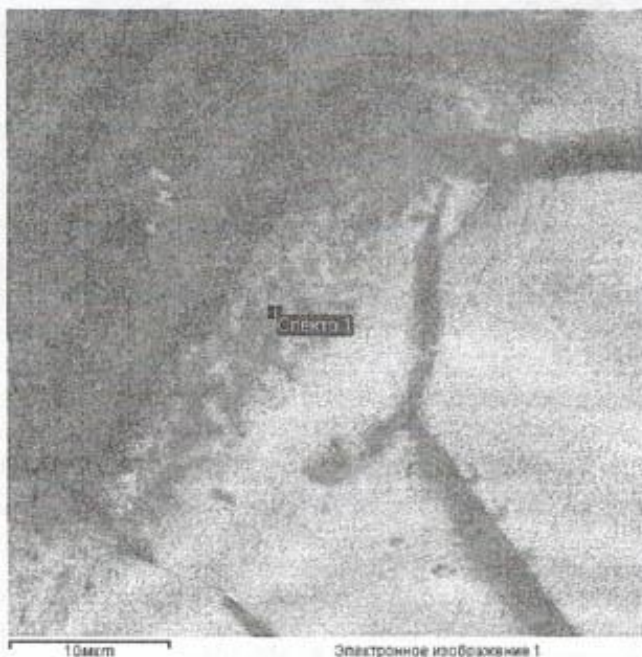
На поверхности располагается темная зона, за которой следует нетравящийся светлый слой, отделенный видимой границей от матрицы. Включения графита, пронизывая весь слой, выходят на поверхность.

На рентгенограммах, снятых с поверхности образцов после карбонитрации, наблюдали изменение периодов решетки чисто нитридной ε-фазы Fe₃(N), связанное, вероятно, с частичным растворением углерода, что позволило идентифицировать ее как карбонитридную фазу Fe₃(N,C).

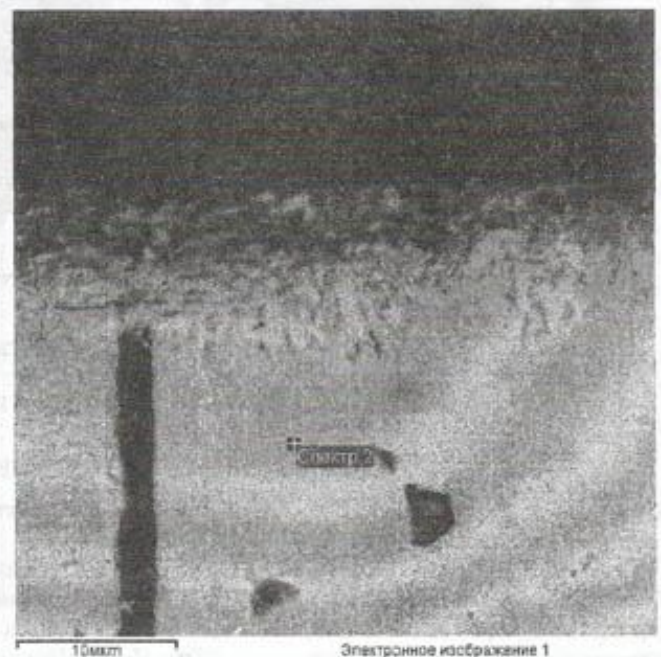
Расшифровка рентгенограмм показала, что с увеличением температуры карбонитрации и времени выдержки в расплаве качественный состав поверхностного слоя не меняется, однако глубина слоя и количественное соотношение фаз зависят как от температуры, так и от продолжительности процесса карбонитрации. Фазовый анализ проводили на дифрактометре «ДРОН-2,0» на FeK_α. Для выявления последовательности расположения фаз съемку рентгенограмм проводили после снятия шлифованием поверхностных слоев глубиной 4·10⁻⁶ м (4 мкм) до исходной структуры чугуна.

Визуальная оценка линий по интенсивности показала, что очень сильные линии на рентгенограммах, снятых с поверхности, принадлежат оксидам Fe₃O₄ (решетка типа шпинели a = 8,5 Å), которые после удаления слоя 4·10⁻⁶ м полностью исчезают на всех исследованных марках чугуна. Сильные линии, принадлежащие нитриду Fe₄N (γ'-фаза, ГЦК-решетка, a = 3,79 Å и карбонитриду FeN,C (ε-фаза), исчезают только после снятия слоя глубиной 12·10⁻⁶ м на сером чугуне и слоя глубиной 16·10⁻⁶ м на чугуне марки ВЧ60. Однако последовательность расположения γ'- и ε-фаз в карбонитридном слое рентгеноструктурным методом не удалось установить. По-видимому, карбонитридный слой состоит из дисперсной смеси карбонитридов Fe₃(N,C) и нитридов Fe₄N.

В процессе карбонитрации происходит насыщение азотом, углеродом, а также кислородом чугуна – многокомпонентного сплава на основе железа с содержанием кремния, марганца, хрома, титана, углерода в химически связанном и свободном состоянии – в виде графита. Взаимодействие между элементами, входящими в состав чугуна, и насыщающими компонентами при карбонитрации имеет сложный характер, зависящий от термодинамической активности элементов. Изучение распределения элементов в поверхностном слое чугуна после карбонитрации проводили на электронном микроскопе VEGA//TESCAN.



а)



б)

Рисунок 2 – Микроструктура чугуна марки СЧ25 (а) и ВЧ60 (б) после карбонитрации

Распределение легирующих элементов по глубине карбонитрированного слоя при сканировании указано на рисунке 3.

Повышенное содержание на поверхности кислорода свидетельствует о присутствии в наружной части карбонитрированного слоя оксидов железа (Fe_3O_4 – по данным рентгеноструктурного анализа), причем на чугуна марки СЧ25 оксиды распространяются на большую глубину по сравнению с чугуном марки ВЧ60.

Благоприятные условия для диффузии кислорода вдоль графитных пластин и по базисным плоскостям пластинчатого графита приводят к образованию на поверхности серого чугуна окисной пленки значительной глубины. Образовавшаяся окисная пленка со структурой шпинели (Fe_3O_4) препятствует дальнейшей диффузии насыщающих компонентов и приводит к образованию карбонитрированного слоя меньшей глубины по сравнению с высокопрочным чугуном, имеющим компактную форму графита, в меньшей степени способствующую окислению поверхности. По мере удаления от поверхности в глубь образца содержание кислорода уменьшается, а азота увеличивается при почти неизменном содержании углерода.

Образование на образцах исследованных марок чугуна сложных карбонитридов приводит к изменению свойств поверхности.

При увеличении температуры карбонитрации повышается микротвердость всех исследованных образцов, однако высокая микротвердость на поверхности может стать причиной скалывания упрочненного слоя в процессе эксплуатации изделий. Поэтому карбонитридный слой должен также иметь пластичность.

Высокая микротвердость в сочетании с хорошей пластичностью являются необходимым условием для обеспечения высокой износостойкости чугуна.

В работе проводили сравнительные испытания образцов на износостойкость после различных видов ХТО. Из большого числа применяющихся в настоящее время для изделий из чугуна способов ХТО были выбраны нитроцементация и «жидкостное азотирование» как наиболее близкие к предлагаемому методу карбонитрации.

Нитроцементацию осуществляли в газовой смеси аммиака и экзогаза при температуре $590\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 6 час. Насыщения образцов при «жидкостном азотировании» проводили в соли при температуре $570\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов.

Более высокую износостойкость чугуна после карбонитрации по сравнению с нитроцементацией, особенно при больших нагрузках, можно объяснить большей пластичностью карбонитрированного слоя, а также хорошей перерабатываемостью трущихся поверхностей.

Партию поршневых колец автомобиля ЗАЗ-968 карбонитрировали в специально изготовленной оправке при температуре $560\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 3 часов.

Стендовые и дорожные испытания показали увеличение их износостойкости в 2,6 раза, по сравнению с неупрочненными.

Таким образом, технология карбонитрации является универсальной для любой отрасли промышленности. Она применима для упрочнений деталей из любых марок чугуна, работающих в условиях изнашивания.

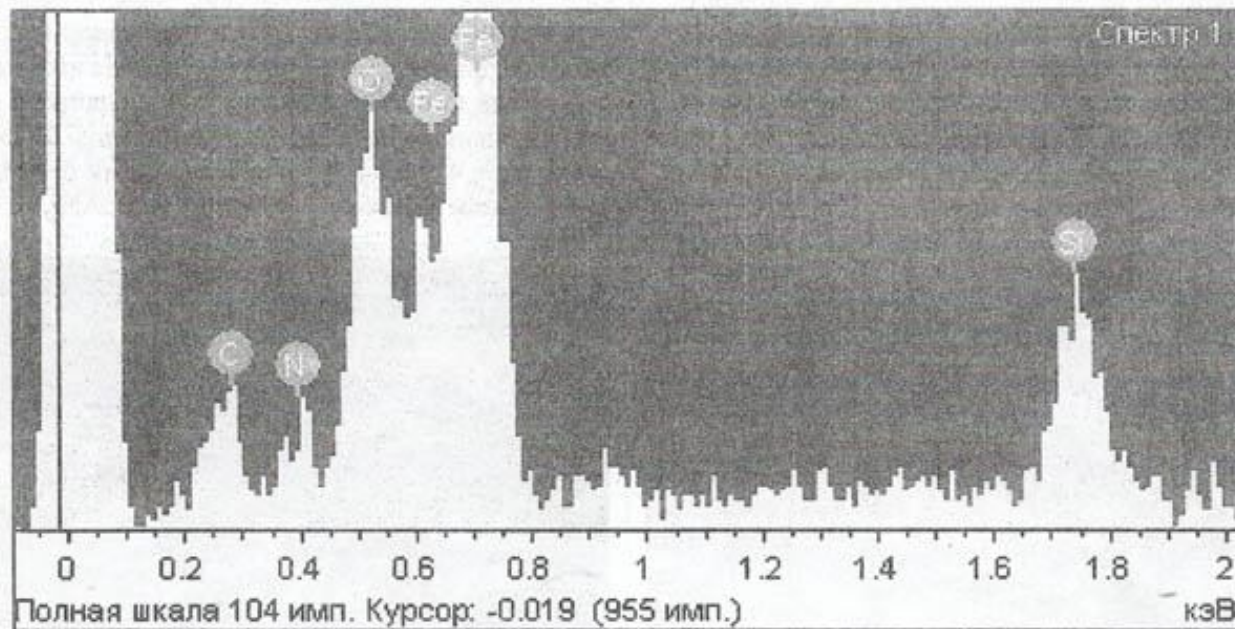


Рисунок 3 – Распределение элементов в поверхностном слое после карбонитрации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шапочник В.И., Семенова Л.М., Бахрачева Ю.С. Нитроцементация в условиях периодического изменения состава атмосферы // *Материаловедение*. 2010. № 8. С. 52-58.
2. Прокошкин Д.А. Химико-термическая обработка – карбонитрация. М.: Машиностроение, Металлургия, 1984. 240 с.
3. Шарая О.А., Дахно Л.А., Шарый В.И. Упрочнение изделий из чугуна методом карбонитрации // *Материалы 9-й Междунар. практ. конф. «Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки»*. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2007. Ч. 2. С. 300-304.
4. Сунов А.В. Создание процесса карбонитрации // *Металловедение. Термическая и химико-термическая обработка сплавов*. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2000. С. 142-151.