

naplavki // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 4 (90). – S. 70-74.

7. Ananев M.I., Ishkov A.V. Perspektivy primeneniya kompozitsionnykh materialov dlya izgotovleniya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh orudiy povyshennoy iznosostoykosti // Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu.- Sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2 kn. – Barnaul: RIO AGAU, 2018. – Kn. 2. – S. 146-148.

8. Ziganshin B.G., Valiev A.R., Mukhamadyarov F.F. Sovremennye pochvoobrabatyvayushchie mashiny: regulirovka, nastroyka i ekspluatatsiya. – SPb.: Lan, 2016.

9. OST 23.2164-87 Lapy i stoyki kultivatorov. Obshchie tekhnicheskie usloviya.

10. Ofitsialnyy sayt AO «ANITIM». Lapy strelchatye. [El. dann.]. – Rezhim dostupa: <http://www.anitim-oao.ru/produktsiya/zapchasti-k-selkhoztehnike/lapy-strelchatye>.

11. Burlakova L.M., Pudovkina T.A. Pochvy. Zemelnye resursy // Entsiklopediya Altayskogo kraya. – Barnaul: Altayskoe knizhnoe izd-vo, 1995. – T. 1. – S. 53-57.

12. Ishkov A.V., Krivochurov N.T., Mishustin N.M. i dr. Vliyaniye tekhnologicheskikh faktorov na iznos poverkhnostno-uprochnennykh strelchatykh lap

// Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 10 (72). – S. 92-96.

13. Ivanayskiy V.V., Ishkov A.V., Krivochurov N.T., Shaykhudinov A.S. Tribotekhnika, nadezhnost i rabotosposobnost tekhnicheskikh sistem. Ch. 1. Trenie i iznashivaniye. – Barnaul: AGAU, 2016.

14. Mikhailchenkov A.M., Solovov S.A., Novikov A.A. Ob odnoy prichine nizkogo resursa detaley rabochikh organov otechestvennykh pochvoobrabatyvayushchikh orudiy // Trudy GOSNITI. – 2014. – T. 117. – S. 127-132.

15. Rabinovich A.Sh., Vinokurov V.N. Analiz iznashivaniya kultivatornykh lap // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. – 1963. – No. 6. – S. 27-29.

16. Tenenbaum M.M. Kriterii otsenki dolgovechnosti selkhoz mashin i ikh rabochikh organov // Traktory i selkhoz mashiny. – 1979. – No. 11. – S. 28-32.

17. Ofitsialnyy sayt OOO «Atis stal». Stal 65G. [El. dann.]. – Rezhim dostupa: <http://www.atissteel.ru/konstrukcionnaya-stal/pruzhinno-ressornaya-stal/stal-65g/>.

18. Ofitsialnyy sayt OOO «Atis stal». Stal 50. [El. dann.]. – Rezhim dostupa: <http://www.atissteel.ru/konstrukcionnaya-stal/uglerodistajakonstrukcionnaya-stal/stal-50/>.



УДК 621.791.923

В.В. Иванайский
V.V. Ivanayskiy

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ТЕРМОИНДИКАТОРНОГО МЕТОДА В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТЕХНОЛОГИИ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ

THE POSSIBILITIES OF THERMAL INDICATION METHOD IN THE RESEARCH
OF INDUCTION BUILDING-UP WELDING TECHNOLOGY

Ключевые слова: порошковый материал, термометрия, индукционная наплавка, термоиндикатор.

Keywords: powder material, thermometry, induction welding, thermal indicator.

Предлагаемый способ и составы термоиндикаторов позволяют производить регистрацию температуры поверхности детали в процессе высокочастотного электромагнитного нагрева при упрочнении высоколегированным хромистым чугуном. Достоинством исследуемых составов термоиндикаторов является возможность регистрации температуры нагрева поверхности детали в труднодоступных местах и в процессе ее перемещения, например, во многовитковом индукторе. Способ основан на фундаментальных свойствах веществ при нагреве, которые протекают в режиме экзотермических реакций. Термоиндикаторы широко использовались и в других технологических процессах, например, при подогреве деталей перед сваркой и определении максимальной зоны термического влияния в процессе газовой сварки.

The proposed method and compositions of thermal indicators allow the registration of the surface temperature of the part, in the process of high-frequency electromagnetic heating at hardening by high-alloy chromium cast iron. The advantage of the studied thermal indicators is the ability to record the temperature of the heating surface of the part in hard-to-reach places and in the process of its movement, for example, a multi-turn inductor. The method is based on the fundamental properties of substances during heating which occur in the mode of exothermic reactions. Thermal indicators are widely used in other technological processes such as heating parts before welding and determining the maximum zone of thermal influence in the process of gas welding.

Иванайский Виктор Васильевич, д.т.н., с.н.с., проф., каф. технологии конструкционных материалов и ремонта машин, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-313. E-mail: tcmirm2014@yandex.ru.

Ivanayskiy Viktor Vasilyevich, Dr. Tech. Sci., Senior Staff Scientist, Prof., Chair of Technology of Design Materials and Machinery Repair, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-13. E-mail: tcmirm2014@yandex.ru.

Введение

Известные способы измерения температуры нагрева заготовок, деталей имеют свои достоинства и недостатки, поэтому выбор метода зависит от целей и конкретных условий регистрации и измерения.

Во многих случаях на производстве возникает необходимость определить температуру таких деталей, на которых невозможно установить термометры, измерить температуру пирометром и другими способами, что сопряжено с большими трудностями (при индукционной наплавке, внутри проходной печи в процессе перемещении нагреваемой детали, на больших поверхностях, на узких деталях, определении температуры в зоне термического влияния в условиях сварочно-монтажных работ и пр.). При измерении температуры, иногда даже в легкодоступных участках, целесообразней использовать менее трудоемкий метод измерения температуры.

По принятой в РФ классификации существуют три основных типа термоиндикаторов: а) композиции, изменяющие цвет при определенной температуре, называемой критической или температурой перехода; б) композиции, плавящиеся при определенной температуре; в) люминесцирующие

композиции, яркость или цвет свечения которых зависят от температуры. К первому типу относятся специальные покрытия, включающие термочувствительные пигменты, ко второму типу – карандаши, лаки, таблетки и т. п., содержащие компоненты, при плавлении которых они становятся прозрачными, к третьему типу – люминофоры, которые либо «гаснут» при определенной температуре, либо яркость и цвет их свечения строго зависят от температуры [1].

Производить перечисленными выше способами контроль технологического процесса нагрева деталей путем регистрации температурного режима, при упрочнения методом индукционной наплавки рабочих органов сельскохозяйственных машин: лапа культиватора, диски, лемехи и др. сложно как в аппаратном оформлении так и в точности определения температурного интервала упрочняемых деталей [2]. Сложность регистрации температуры подогрева свариваемых изделий возникает также в процессе монтажных сварочных работ.

Цель работы – разработать и исследовать составы термитных порошковых смесей, регистрирующих температуру поверхности детали или заготовки при их упрочнении индукционной наплавкой.

Экспериментальная часть

Процесс индукционной наплавки заключается в нагреве детали до полного расплавления шихты. При этом может происходить перегрев наплавляемого высоколегированного хромистого чугуна как на отдельных участках, так и на всей поверхности наплавленного слоя.

Это приводит к увеличению растворения основного металла и развитию менее износостойкой дозвтектической зоны. При значении степени перегрева $\psi > 40\%$ она распространяется по всему сечению наплавленного слоя [3]. Попытки контролировать температуру нагрева поверхности детали в процессе наплавки традиционными способами (термопара, пирометр) не нашли применения в производстве по причине сложного аппаратного оформления в первом случае, а во втором – большой погрешности при измерениях.

Автором данной работы предлагаются способ и составы термоиндикаторов [4-7], основанные на эффекте воспламенения при температуре, соответствующей данному компоненту или материалу.

Оптимальное соотношение компонентов состава определялось экспериментально.

Составы для термоиндикации готовили следующим образом. Компоненты взвешивали на электронных весах марки CFS-SW-2 с погрешностью измерения ± 1 г, затем ссыпали в биконусный смеситель, перемешивали в течение одного часа, после чего из готовой смеси формовали термоиндикаторы в форме таблеток.

Для тарирования термоиндикаторов при воспламенении использовали вольфрамиевую термопару диаметром 0,2 мм, которую с помощью конденсаторной сварки приваривали к пластине из стали 65Г, ст3, 50ХГА или цветных металлов (Л86, ЛАЖ60-1-1, Бр. АЖНЮ-4-4), размером 45*60*6 мм. В непосредственной близости устанавливали термоиндикатор, а затем нагревали всю сборку.

Температуры воспламенения термоиндикаторов производили следующим образом. После калибровки термопары ее подключали к АЦП К57

ПВ1А и осуществляли считывание ее показаний со скоростью до 36 с', оцифровку и передачу на персональную ЭВМ с установленным на ней ПО регистрации данных ADC.com, чтения данных и калибровки устройств ADC.mcd, функционирующих в системе Mathcad. Для серии параллельных измерений температуры использовали по три образца одинакового состава, которые зажигали на пластине по очереди при помощи газовой горелки или в индукторе, подключенном к инвертору марки ЭЛСИТ 100/70-40.

Общая погрешность измерения температуры при этом аппаратном оформлении с использованием программно-аппаратного комплекса не превысила 10%.

Результаты и их обсуждение

Тарирование термоиндикаторов производили по кривым температуры нагрева поверхности детали (рис. 1).

Результаты проведенных экспериментальных измерений сведены в таблицу.

На рисунке 2 показан процесс воспламенения термоиндикатора непосредственно в индукторе на поверхности стрельчатой лапы.

На температурной кривой виден характерный температурный всплеск при воспламенении порошковой смеси (рис. 1).

В качестве примера предлагается рассмотреть оптимальный состав термоиндикатора, содержащего компоненты перманганат калия – 87-93% и серы 7-13%, весовой состав которых определялся исходя из химической реакции обоих компонентов ($S + K_2MnO = K_2MnO_4 + MnO_2 + SO_2$).

Кроме того, при выборе процентного соотношения окислителя $KMnO_4$ руководствовались химической стойкостью (сроком хранения).

Испытание термоиндикаторов на основе термитных реакций, протекающих в некоторых компонентах, показал высокую повторяемость термитных составов при регистрации температуры при различных технологических процессах независимо от метода нагреваемой поверхности.

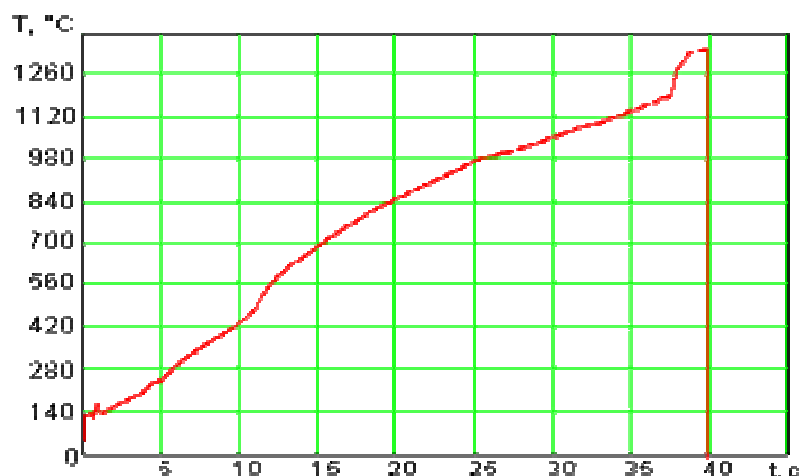


Рис. 1. Характерный график температуры нагрева поверхности заготовки и воспламенения на ней термоиндикатора при толщине таблеток 1 мм

Таблица

Химический состав и температура воспламенения термоиндикаторов

Состав термоиндикатора	Температура воспламенения, С°	Область применения
Способы контроля при индукционной наплавке [2, 4]	1180-1200	Индукционная наплавка высоколегированных хромчугунов
Состав для термоиндикации [5]	270-290	Регистрация температуры перед сваркой (медь и его сплавы)
Состав для термоиндикатора [6]	340-360	Регистрация температуры подогрева сварка в монтажных условиях легированных сталей и сплавов, подвергающих общему или местному нагреву
Термоиндикаторный пиросостав [7]	250-350	Регистрация температуры подогрева меди и его сплавов



Рис. 2. Воспламенение термоиндикатора на поверхности детали, нагреваемой токами высокой частоты

Выводы

1. Предлагаются новый способ и составы термоиндикаторов, позволяющие производить регистрацию температуры на поверхности нагреваемой детали при разработке технологических процессов индукционной наплавки высоколегированных хромистых чугунов, кроме того, в труднодоступных местах, в процессе ее перемещения на различных металлах и сплавах.

2. Регистрация температуры основана на эффекте воспламенения компонентов в присутствии окислителя.

2. Способ апробирован в условиях различных технологических процессов индукционной наплавки высокохромистых легированных чугунов и при подогреве свариваемых заготовок из стальных и цветных металлов и сплавов.

Библиографический список

1. Химия и химии. – 2008. – № 5. – Режим доступа: <http://chemistryandchemists.narod.ru> 19 Термоиндикаторы и их применение. Абрамович Б.Г.

2. Кривочуров Н.Т., Иванайский В.В., Иванайский Е.А., Деризин В.Я. Способ контроля тепловоголожения при индукционной плавке // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2007. – № 3 (29). – С. 61-62.

3. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. – М., Машиностроение, 1971. – 264 с.

4. Иванайский В.В. Физико-химические и технологические основы управления структурой и свойствами защитного покрытия на рабочих органах сельхозмашин: монография. – Барнаул, 2010. – 187 с.

5. Состав для термоиндикации: пат. 2327123 РФ: МПК G01K 11/06 / Иванайский В.В., Кривочуров Н.Т., Иванайский А.А.; заявл. 04.10.2006; опубл. 20.06.2008, Бюл. № 17.

6. Термоиндикаторный пиростав: пат. 2582493 РФ: МПК G01/06 / Ишков А.В., Иванай-

ский В.В., Кривачуров Н.Т., и др.; заявл. 19.05.2015; опубл. 27.04.2016, Бюл. № 12.

7. Состав для термоиндикации: пат. 2587648 РФ: МПК G01K 11/06 / Ишков А.В., Иванайский В.В., Кривочуров Н.Т., Шанчуров С.М.; заявл. 20.04.2015; опубл. 20.06.2016, Бюл. № 17.

8. Состав для термоиндикатора: а.с. 1514053 РФ: МПК G01/06 / Иванайский В.В., Боль А.А., Тельпиш В.В.; опубл. 19.01.88, Бюл. № 5.

References

1. Abramovich B.G. Termoindikatory i ikh primeneniye // Khimiya i khimiki. – 2008. – No. 5. <http://chemistryandchemists.narod.ru/>.

2. Krivochurov N.T., Ivanayskiy V.V., Ivanayskiy Ye.A., Derizin V.Ya. Sposob kontrolya teplovozheniya pri induktsionnoy plavke // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2007. – No. 3 (29). – S. 61-62.

3. Tkachev V.N. Iznos i povysheniye dolgovechnosti detaley selskokhozyaystvennykh mashin. – M.: Mashinostroeniye, 1971. – 264 s.

4. Ivanayskiy V.V. Fiziko-khimicheskie i tekhnologicheskie osnovy upravleniya strukturoy i svoystvami zashchitnogo pokrytiya na rabochikh organakh selkhoz mashin: monografiya. – Barnaul, 2010. – 187 s.

5. Sostav dlya termoindikatsii. Pat. 2327123 RF, MPK G01K 11/06 / V.V. Ivanayskiy, N.T. Krivochurov, A.A. Ivanayskiy / zayavl. 04.10. 2006 opubl. 20.06.2008. Byul. No. 17.

6. Termoindikatornyy pirostav. Pat.2 582 493 RF, MPK G01/06 / A.V.Ishkov, V.V. Ivanayskiy, N.T. Krivachurov, i dr. zayavl.19.05.2015, opubl.27.04.2016, Byul. No. 12.

7. Sostav dlya termoindikatsii. Pat. 2 587 648 RF, MPK G01K 11/06 / A.V. Ishkov, V.V. Ivanayskiy, N.T. Krivochurov, S.M. Shanchurov. Zayavl. 20.04.2015, opubl. 20.06.2016. Byul. No. 17.

8. Sostav dlya termoindikatora A.s. 1514053 RF, MPK G01/06/ V.V. Ivanayskiy, A.A. Bol, V.V. Telpish. Opubl.19.01.88, Byul. No. 5.

