

пряженно-деформированного состояния процесса деформации и оценки свойств готового изделия, но и в расчете энергосиловых параметров процесса.

Посредством компьютерного моделирования для обеих схем получены зависимости работы деформирования от времени протекания процесса на последнем формообразующем переходе (рис. 6). Видно, что работа деформации, а соответственно и энергозатраты на производство, меньше при использовании схемы № 2.

Анализируя полученные результаты, основанные на компьютерном моделировании процесса высадки корпуса шипа противоскольжения в среде «Qform», можно отметить, что технологическая схема высадки № 2 является предпочтительной при производстве в связи с малым максимальным значением эффективного напряжения $K_{\sigma}=1,25$, однородностью механических свойств и минимальными энергозатратами.

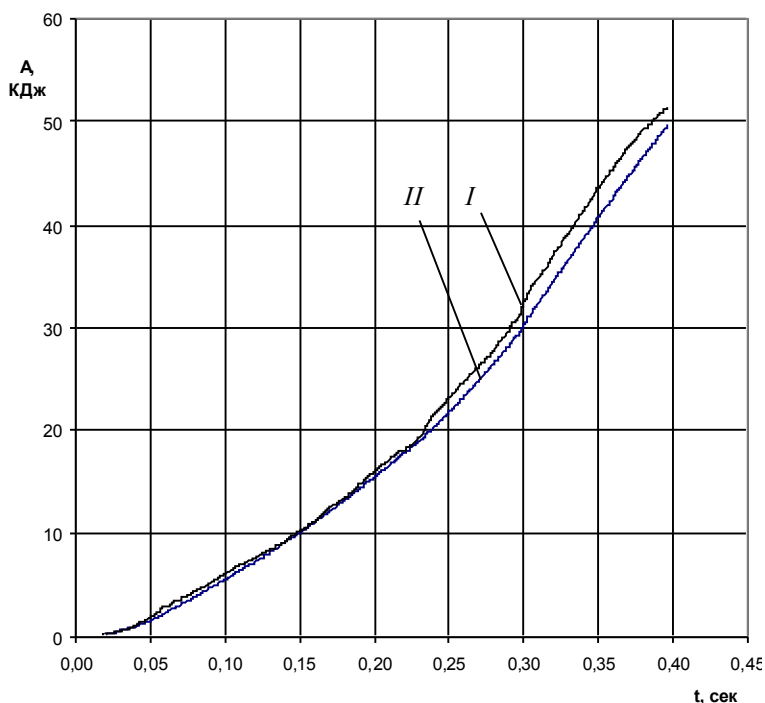


Рис. 6. Зависимость работы деформации от времени процесса:
I – технологическая схема № 1;
II – технологическая схема № 2

Библиографический список

1. Гун Г.С. Квалиметрические модели управления качеством металлопродукции // Вестник МГТУ. 2003. № 1. С. 102–108.
2. Исследование процесса осадки при однокомпонентном и комбинированном нагружении посредством компьютерного моделирования / Михаленко Ф.П., Шнейберг А.М., Пудов А.С., Кошелев О.С. // Кузнечно-штамповочное производство. 2007. № 8. С. 31–39.
3. К выбору технологии изготовления шпоров противоскольжения для автомобилей / Закиров Д.М., Сабадаш А.В., Галиахметов Т.Ш., Рубин Г.Ш., Андреев В.В. // Метиз. 2006. С. 42–47.

УДК 669.1

Букреев А.Е., Манашев И.Р., Никифоров Б.А., Бигеев В.А.

НОВЫЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ЛИГАТУРЫ СВС НА ОСНОВЕ НИТРИДА ХРОМА

Несмотря на существенное преимущество азотсодержащих сталей по сравнению с другими конструкционными материалами [1], в России их производство находится на низком уровне [2]. Связано это с технологическими трудностями получения заданного содержания азота в стали.

Среди множества различных способов легирования стали азотом наибольшее применение получили методы с использованием азотированных лигатур [3]. В основном отечественные предпри-

ятия используют азотированные марганец марки МрН4А или феррохром марки ФХН600А. Производят их в электропечах высокотемпературной обработкой исходных сплавов азотсодержащим газом. Технология получения характеризуется большой продолжительностью и расходом значительного количества электроэнергии, отсюда и высокая стоимость продукта [4]. Кроме того, в традиционных азотсодержащих материалах содержится не более 6–8% азота.

Специально для выплавки высокоазотистых сталей разработаны новые высокоазотистые лигатуры на основе хрома, полученные по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), основанной на способности целого ряда неорганических веществ и соединений вступать в экзотермическую реакцию, распространяющуюся по объему реакционной среды в волновом режиме. Высокое качество СВС-продуктов, а также возможность быстрого получения широкой номенклатуры материалов в требуемых количествах способствует их успешному применению для решения различных практических задач.

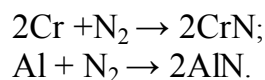
Как технологический подход, метод СВС по комплексу показателей превосходит традиционные методы синтеза с использованием высокотемпературных печей и имеет большие перспективы в промышленности современных материалов, интерметаллидов и композитов [5]. СВ-синтез позволяет развить технологические и экономические предпосылки производства материалов, получение которых с помощью других приемов невыгодно, а порой и невозможно. В работе [6] указывается об успешном использовании СВС-технологии в получении азотированного феррованадия. ООО «НТПФ «Эталон» освоена промышленная технология производства СВС – азотированного ферросилиция [7], однако освоение производства азотированного хрома методом СВС сопряжено с рядом трудностей.

Основной проблемой при синтезе азотированного хрома методом СВС является низкая энтальпия реакций $\text{Cr} + 1/2\text{N}_2 \rightarrow \text{CrN}$ (118 кДж/моль) и $2\text{Cr} + 1/2\text{N}_2 \rightarrow \text{Cr}_2\text{N}$ (105,51 кДж/моль). Существует ряд решений по совершенствованию режима горения хрома в азоте [8, 9]: разбавление исходной шихты веществами, имеющими высокую температуру горения в среде азота, такими как кремний, алюминий, титан и т.д. (Si, Al, Ti, Nb), измельчение хрома до мелкодисперсной фракции (<40 мкм), предварительный подогрев шихты перед синтезом, повышение давления азота в системе. Однако реализация данных решений, безусловно, приводит к удорожанию лигатуры и ставит под сомнение эффективность СВС в производстве азотированных материалов на основе хрома.

Разработан альтернативный способ получения азотированного хрома в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, основанный на проведении в реакторе нескольких экзотермических реакций одновременно, например:



Азотированный хром СВС
(слева – проплавленный, справа – спеченный)



При образовании нитрида алюминия избыток тепла расходуется на дополнительный нагрев хрома, тем самым поддерживая фильтрационный режим горения системы Cr–N. В результате синтезируются два продукта: лигатура на основе нитрида хрома и огнеупорный материал на основе нитрида алюминия. Регулируя расположение данных материалов в реакторе, варьируя соотношением их объема и массы, удалось существенно изменять тепловой режим горения хрома и тем самым получить материал с различной структурой (см. рисунок). Полученный нитрид алюминия обладает высокой химической стойкостью и в мелкодисперсном виде может быть использован как важнейший компонент в огнеупорах для цветной металлургии.

Проплавленный азотированный хром содержит до 12% азота и имеет высокую плотность до 6,5 г/см³. Спеченный азотированный хром содержит до 21% азота, и может использоваться в качестве наполнителя порошковой проволоки для обработки жидкой стали. Кроме того, данные материалы находят и другое применение. Так, опытная партия в 500 кг тонкоомоленного спеченного азотированного феррохрома СВС с содержанием азота 11,4% прошла успешные испытания при изготовлении наплавочных электродов на предприятии ЗАО «Электродный завод» (г. Санкт-Петербург). Новый продукт был рекомендован для производства электродов марки ЭЛЗ-НВ-1 взамен дефицитному азотированному феррохрому ФХН 600А.

Таким образом, разработан новый способ производства азотсодержащей лигатуры на основе нитрида хрома. Также проведено промышленное испытание полученных материалов. В дальнейшем планируется совершенствование данной технологии для внедрения в серийное производство.

Библиографический список

1. О роли стали в XXI веке /О.А. Банных // Электromеталлургия. 2005. № 5. С. 6–10.
2. Место коррозионно-стойкой стали в мировой металлургии / А.Е. Семин, Ю.И. Уточкин, Е.А. Родионова // Электromеталлургия. 2006. № 1. С. 2–9.
3. Легирование стали азотом / Свяжин А.Г. // Черная металлургия. Бюл. НТИ. 1990. № 6. С. 23–32.
4. Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. М.: Металлургия, 1988. 784 с.
5. Мержанов А. Г. Твердопламенное горение. Черноголовка: Исман, 2000. 224 с.
6. Зиатдинов М.Х. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез азотированного феррованадия: Дис. ... канд. техн. наук. Томск, 1982.
7. Технология получения азотированного ферросилиция и результаты его применения в металлургическом производстве / И.М. Шагохин, М.Х. Зиатдинов // Черная металлургия. Бюл. НТИ. 2007. № 6. С. 23–32.
8. А. с. 589219 СССР, МКл. С21С 7/00. Способ получения литого азотированного ферросплава.
9. Пат. 2797156 США, Н.Кл. 75-28. Nitrogen-bearing ferrochromium.

УДК 621.771

Сычков А.Б.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКАЛИНЫ И СПОСОБНОСТЬ ЕЕ К УДАЛЕНИЮ ПЕРЕД ВОЛОЧЕНИЕМ КАТАНКИ

Существует [1–3] дифференциация температур виткообразования на линии Stelmog для химического и механического удаления окалины с поверхности катанки перед ее волочением. В основном для механического удаления окалины предлагается более высокая температура (~900°C), а химического способа – более низкая температура (~850°C). Однако следует иметь в виду погрешность пирметров, которая предопределяет некоторые колебания этих температур как в большую, так и в меньшую стороны. Так, например, в условиях СЗАО ММЗ [4, 5] оптимальной температурой виткообразования для катанки как из низко-, так и высокоуглеродистой марок стали, предназначенной для механического удаления окалины, является температура ~950°C. При этой температуре формируется однородная окалина, практически на 100% состоящая из вюстита (FeO), который имеет минимальную адгезию к поверхности металлоосновы и наилучшим образом (полностью) удаляется механическим способом. Однако, чтобы сохранить в процессе охлаждения металла после виткообразования на линии Stelmog вюститную составляющую и предотвратить ее распад на магнетит (Fe₃O₄), обладающий высокой адгезией к металлооснове и соответственно плохой способностью к удалению с поверхности катанки, внедрена технология ускоренного охлаждения металла вентилятором воздухом в диапазоне температур 570...400°C. И даже для катанки сварочного назначения из низкоуглеродистой легированной кремнемарганцевой стали типа Св-08Г2С [5], для кото-

рой не применяется ускоренное вентиляционное охлаждение в температурном диапазоне распада вюстита (570...400°C), при хорошей системе механического окалиноудаления обеспечивается удовлетворительное удаление окалины с формированием светлой металлической поверхности катанки перед волочением, что обеспечивает блестящий товарный вид поверхности омедненной проволоки из такой катанки.

В то же время вышеуказанный технологический режим двустадийного охлаждения углеродистой катанки (температура виткообразования $t_{в/г} \approx 950^\circ\text{C}$, блоки струйного охлаждения БСО: ~4...6 шт. \times 600...800 мин⁻¹ и до 6 \times 1480 мин⁻¹ для различных диаметров катанки [6]) обеспечивал также и удовлетворительную травимость катанки. Однако, по сообщениям некоторых потребителей, травление такой катанки периодически проходит неудовлетворительно. Так, наблюдается бурление травильной ванны, что можно связать с выделением водорода при перетраве. Возможно и неполное удаление окалины, что предположительно обусловлено разным составом окалины (FeO + Fe₃O₄, хотя это исключается технологией на линии Stelmog). Происходит также частичное осыпание окалины по периметру катанки при погрузочно-разгрузочных и транспортных работах за счет относительно большей толщины вюститной окалины, сформированной при 950°C. Это обуславливает разную травимость окалины с элементами пере/недотрава и появлением так называемых «бластеров» – пузы-