

стенок литейной формы.

Полученные результаты показали, что для ускорения процесса затвердевания литых заготовок следует повышать теплоаккумулирующую способность литейных форм, что существенно повысит скорость охлаждения стали в гетерогенной зоне двухфазного (твердо-жидкого) состояния слитков и отливок. Внутренний теплоотвод от расплава к теплоотражающим микрохолодильникам, введенным в ограниченный объем затвердевающего слитка или массивной отливки, позволяет уменьшить градиенты температуры по толщине их стенок и обеспечивает эффективное увеличение скорости затвердевания литых заготовок разной массы и геометрии.

#### Список литературы

1. Мамишев В.А. Реотермическая концепция управления кристаллическим строением литых изделий // Процессы литья. – 2004. – № 3. – С. 43 - 48.
2. Мамишев В.А., Соколовская Л.А. О теоретическом прогнозировании термических условий повышения качества макроструктуры и эффективности затвердевания стальных слитков и слябов // Процессы разлива и кристаллизации стали. - К.: Ин-т проблем литья НАН Украины, 1991. – С. 72 - 82.
3. Мамишев В.А., Шинский О.И., Соколовская Л.А. О теплофизическом взаимодействии слитка с изложницей и отливки с формой в период формирования литой структуры // Литье и металлургия. - 2008. – № 3 (48). – С. 307 - 309.
4. Мамишев В.А., Шинский О.И., Соколовская Л.А. Системный анализ процесса затвердевания литых заготовок разной массы и назначения // Процессы литья. – 2010. – № 1. - С. 20 - 24.

УДК 627.771:07

*М. О. Матвеева, Б. В. Климович, В. В. Климович*

*Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАВКИ НА СВОЙСТВА МЕТАЛЛА РАБОЧЕГО СЛОЯ ВАЛКОВ

Для обеспечения заданной структуры металла должны быть строго взаимосвязаны факторы времени, химического состава и жидкого состояния чугуна [1]. Технологическим процессом производства чугунных отбеленных валков не предусмотрена термическая обработка, поэтому литая структура последних обуславливается значительным влиянием указанных выше факторов. Необходимость изучения термо-временных параметров (ТВП) плавки и заливки при получении отливок из белых чугунов обоснована в работе [2].

В мировой практике разработаны и широко применяются методы оцен-

ки качества продукции с использованием пассивных методов проведения эксперимента. В этом случае задачей является сбор численных значений, отражающих ход исследуемого процесса. Собранные данные затем подвергаются специальной обработке с использованием методов математической статистики. На этой основе проведены исследования влияния ТВП плавки на качество и твердость рабочего слоя центробежнолитых биметаллических и однослойных заготовок размерами диаметром 305...315 мм ТПХНЦ-60 и ТПХНЦ-52.

Анализ данных, упорядоченных на гистограммах (рис.1), позволяет судить о следующем. Температура металла в печи изменялась в пределах 1400...1500 °С. Из общего количества отлитых заготовок при предположительно оптимальных температурах перегрева металла для рабочего слоя биметаллических валков  $T_n = 1426...1475$  °С отлито 87,3 %, в запредельных областях температур проведено: 3,64% при низких  $T_n = 1400...1425$  °С и 9,09% при высоких  $T_n = 1476...1500$  °С температурах. При этом перегрев выше температуры равновесия кремний-восстановительной реакции изменялся в широких пределах (75...130 °С).

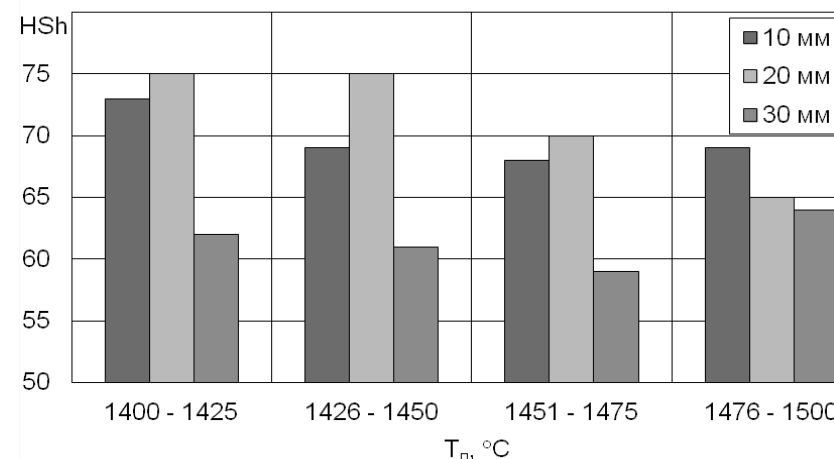


Рис. 1 – Твердость образцов по глубине заготовки в зависимости от температуры металла в печи

Выводы. В области низких значений перегрева в печи  $T_p = 1400...1425$  °С и значениях  $\Delta T_p = 91$  °С все отлитые валки имели практически одинаковую твердость на глубине 10 мм от литой поверхности (67...75 ед.Шора). С увеличением расстояния от поверхности в пределах 10...30 мм твердость уменьшается, но сохраняется тенденция увеличения твердости при повышении  $T_n$ . В оптимальных температурных интервалах перегрева в печи  $T_n =$

1426...1450 °С проведено 49,1% плавов и 1451...1475 °С – 38,18%. При этом  $\Delta T_p$  изменялась от 75...123 °С. В указанных температурных интервалах четко проявилась тенденция увеличения твердости по всей глубине рабочего слоя от 10 до 30 мм. Основное количество валков имели на одинаковом расстоянии от поверхности близкую твердость.

При повышенных перегревах  $\Delta T_p = 120...123$  °С, соответственно резко возрастает твердость рабочего слоя на глубине 10...20 мм.

#### Список литературы

1. Гиршович Н. Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. – М.: Машиностроение, 1966.- 534 с.
2. Бунин К. П., Таран Ю. Н. Строение чугуна. – М.: Металлургия, 1972. – 160 с.

УДК 621.74: 669.14.018.44

*Л. А. Матвеева\**, *В. В. Лашнева\*\**, *И. И. Максютя*, *Ю. Г. Квасницкая*,  
\*Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины,  
Киев,

\*\* Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН  
Украины, Киев,

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
Киев

### НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЕ ФУЛЛЕРЕНОВОЕ ПОКРЫТИЕ НА ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВАХ

Практическое применение различных устройств с использованием фуллеренов в науке и технике постоянно расширяется. Так, фуллереновое (углерод С60) покрытие стали приводит к ее рекордному упрочнению, повышению износ- и термостойкости, что крайне важно, например, при производстве лопаток турбин авиационных двигателей и вертолетных лопастей.

В настоящей работе представлены результаты исследования физико-химических характеристик фуллеренового покрытия на промышленных жаропрочных сплавах марок ЧС 88 - ВИ (Ni 57,6 %; Cr 15,6 %; Co 10,7; Mo 1,9 %; C 0,09; Fe 0,5 %; Al 3 %; B 0,005 %; Ti 4,6 %; W 5,3 %; Nb 0,11%) и ЧС 88 У - ВИ (Ni 57,0 %; Cr 15,9 %; Co 11,0; Mo 1,9 %; C 0,06; Fe 0,5 %; Al 3,05 %; B 0,08 %; Ti 4,6 %; W 5,3 %; Zr 0,5 %, Nb 0,20 %) и его влияние на износостойкость этих сплавов. Данные сплавы широко используются на украинских предприятиях газотурбостроения, таких, как ГП НПКГ «Зоря»

- «Машпроект» (г. Николаев) и ОАО «Мотор Сич» (г. Запорожье) при изготовлении лопаток газотурбинных двигателей (ГТД) для судостроения и авиации. Эти детали в течение длительного времени работают в условиях повышенных механических нагрузок в агрессивной атмосфере, содержащей соли морской воды и продукты сгорания дизельного топлива. Наиболее эффективным способом защиты и рабочих и сопловых лопаток является нанесение износостойких, а также коррозионно- и эррозионноустойких покрытий.

Ранее авторами была показана перспективность применения фуллеренового С60 покрытия в травматологии и ортопедии, в частности, при эндопротезировании тазобедренных суставов. Так, износостойкость компонентов в узле подвижности (паре трения) эндопротеза «высокоплотный полиэтилен Chirulen - сплав титана ВТ6» с применением фуллеренового покрытия С60 примерно на порядок превышает износостойкость в паре трения тех же компонентов без покрытия, что значительно повышает срок эксплуатации эндопротеза [1].

#### Результаты и обсуждение

Фуллереновое покрытие на подложки из исследуемых сплавов наносили в вакууме методом термического испарения порошка С60 из эффузионной танталовой ячейки. Испарение проводили при температуре 450 °С. Для уменьшения внутренних механических напряжений в системе «покрытие С60 – сплав» подложки не подогревали. Толщину покрытия определяли на интерферометре МИИ-4 и из профилограмм. Она составляла 1,2 мкм. Покрытие сплошное, однородное. Прочность сцепления с подложкой составляла 0,8 ГПа. Контроль состава покрытия осуществляли методом комбинационного рассеяния света и Фурье ИК-спектроскопии. Испытания на износ проводили на воздухе с помощью машины трения МТ-68 по методике «вал - вкладыш» при ступенчатом повышении нагрузки (Р). В качестве контртел использовали алмаз и нержавеющей сталь 65 Г, применяемую в машиностроении. Такая схема трения при однонаправленном вращательном движении позволяет реализовывать знакопеременное нагружение поверхностного слоя образца за счет разницы размеров контактирующих поверхностей. Условия испытаний: нагрузка ступенчатая - Р1= 5 МПа; Р2=7,5 МПа; Р3=10 МПа; скорость скольжения - 0,2 м/с; продолжительность испытаний – 10 мин. Все испытания проводили без смазочного материала. Размеры исследуемых образцов: высота 12-12,2 мм, площадь сечения –64 мм<sup>2</sup>. Исходная шероховатость Ra поверхности трения составляла 0,02 мкм.

Количественно износ исследуемых сплавов рассчитывали по уменьшению массы образцов ( $\Delta m$ , г) при трении путем измерения их массы до и после испытаний с помощью весов типа ВЛР-200 с точностью до 0,00001г. Определяли также коэффициент трения ( $\mu$ ) сплавов.