

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет України „КПІ”



ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ЛИВАРНОГО
ВИРОБНИЦТВА ЧОРНИХ
І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ



НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ

МАТЕРІАЛИ

науково-технічної конференції

Україна, КИЇВ

2010

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України „КПІ”
ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЧОРНИХ
І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ
В МАШИНОБУДУВАННІ

МАТЕРІАЛИ

науково-технічної конференції

Україна, КИЇВ

2010

Рекомендовано до друку методичною радою НТУУ „КПІ”

Протокол № від

У збірнику представлено матеріали, що висвітлюють актуальні проблеми ливарного виробництва: розроблення прогресивних ресурсозберігаючих технологій, виготовлення литих заготовок із різних металів і сплавів у разових об'ємних піщаних формах і спеціальними способами лиття, фізико-хімічні основи металів і сплавів, теорії кристалізації і охолодження виливків, розроблення і використання перспективних формувальних матеріалів і сумішей, сучасних технологій виготовлення ливарних форм і стрижнів, моделювання технологічних процесів, у ливарному виробництві.

Нові матеріали і технології в машинобудуванні: матеріали науково-технічної конференції, 27 травня 2010 м. Київ / загальна редакція - В.Г. Могилатенка. – К.: НТУУ „КПІ”, 2010. 98с.

© НТУУ „КПІ”, ІФФ, 2010

Науково-програмний комітет

Могилатенко В.Г., зав. кафедрою ЛВЧКМ НТУУ „КПІ”, д-р. техн. наук, проф.

Пономаренко О.І., д-р. техн. наук, проф., вице президент Асоціації ливарників України

Фесенко А.М., перший проректор ДДМА канд. техн. наук, доц.

Федоров Г.Є., канд. техн. наук, доц.

Сиропоршнів Л.М., канд. техн. наук, доц.

Гурія І.М., канд. техн. наук, доц.

Кочешков А.С., канд. техн. наук, доц.

Шейко О.І., канд. техн. наук, доц.

Косячков В.О., канд. техн. наук, доц.

Чайковський О.А., канд. техн. наук, доц.

Дробязко В.М., канд. техн. наук, доц.

Ямшинський М.М., канд. техн. наук, доц.

Лютий Р.В., канд. техн. наук, ас.

Платонов Є.О., с.н.с.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ

Бачинский Ю.Д., Сыропоршнев Л.Н. Бубликов В.Б., Ясинский А.А. ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ ОТЛИВОК ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА БЕЗ ОТБЕЛА	9
Бондар О.А., Лисенко Т.В., Степаненко Г.В. МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САМОСИНХРОНІЗАЦІЇ ЛИВАРНИХ ОБ'ЄКТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ЗАСОБАМИ	11
Борисенко В.В., Сусло Н.В., Панченко А.Н. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕЗОПОЧНОЙ ФОРМОВКИ	13
Веред В.Л., Шейко О.І. ВПЛИВ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ КВАРЦЕВИХ ПІСКІВ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ФОРМУВАЛЬНИХ І СТРИЖНЕВИХ СУМІШЕЙ	15
Верес І.А., Федоров Г.Є. ОПТИМІЗАЦІЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЖАРОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ НИХ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ	17
Горносталь Ю.В., Шинський О.Й. ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ СПІКАННЯ ПІНОПОЛІСТИРОЛОВИХ АРМОВАНИХ МОДЕЛЕЙ	19
Гудзовська Н.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРОЧАСОВОГО ОБРОБЛЕННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ СТРИЖНЕВОЇ СУМІШІ НА ОСНОВІ СПУЧЕНОГО ПЕРЛІТУ З ПІНОПОЛІСТИРОЛОВИМ З'ЯЗУВАЛЬНИМ КОМПОНЕНТОМ	20
Демидов Д.С., Кочешков А.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ З КОЛЬОРОВИХ СПЛАВІВ	21
Доценко Ю.В., Селіверстов В.Ю. ВПЛИВ ТИСКУ ТА МОДИФІКУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛУ ВИЛИВКІВ ІЗ СПЛАВУ АК9	22
Езжев В.В., Федоров Г.Є. МИКРОЛЕГИРОВАНИЕ И МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЖАРСТОЙКИХ ХРОМОАЛЮМИНИЕВЫХ СТАЛЕЙ	24
Ефименко Г.Г., Цымбал М.И., Самарай В.П., Нецадим В.Н., Свириденко Ж.В. КОМПЛЕКСНЫЙ МОНОПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ	27
Заєць Ю.В., Цибуля О.П. ФОРМУВАЛЬНІ СУМІШІ З ЕНДОТЕРМІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	28
Іванова Л.Х., Колотило Є.В., Шапран Л.О., Хитько О.Ю., Івонін І.В., Хазанов А.В. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВИЛИВКІВ	30
Кіндрачук М.В., Писаренко В.М., Іщук Н.В. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРОБЛЕНИХ ЛАЗЕРОМ ПОВЕРХОНЬ СТАЛІ 40Х З НАСТУПНИМ АЗОТУВАННЯМ	33

Кметик С.Е., Приходько Є.В., Панченко Г.М., Сусло Н.В. АНАЛІЗ МОДИФІКАТОРІВ ДЛЯ ЧАВУНУ ВИЛИВНИЦЬ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ СТІЙКОСТІ	35
Козачук Е.В., Гурія І.М. ЛИТЬЕ ВСПЕНЕННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	36
Костін Р.О., Ямшинський М.М. ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОАБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СПЛАВІВ	38
Кочешков А.С., Шульга А.С., Садакова Г.Ю. ГІПСОВІ СУМІШІ З КОМБІНОВАНИМ ВОГНЕТРИВКИМ НАПОВНЮВАЧЕМ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТОЧНИХ ВИЛИВКІВ	40
Куркострига І.А., Посыпайко І.Ю., Соценко О.В. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФОРМЫ ГРАФИТА В ВЫСОКОПРОЧНОМ ЧУГУНЕ	42
Куркострига І.А., Соценко О.В. ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ФОРМУ ГРАФИТА В СОРТОПРОКАТНЫХ ВАЛКАХ	44
Куркострига І.А. , Соценко О.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВ МЕТАЛЛА В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ	46
Левченко Ю.Н. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ С КЕРАМИЧЕСКИМИ ВСТАВКАМИ	49
Левченко Ю.М., Михнян О.В. ОТРИМАННЯ ВОГНЕТРИВКОЇ КЕРАМІКИ З ОСОБЛИВИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЛЯ ЛИВАРНОЇ ОСНАСТКИ	51
Литвинець Є.А. РОЗЧИНЕННЯ ФЕРОБОРУ У ПОТОЦІ ЧАВУНУ	53
Маковецький О.І., Гурія І.М. ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ ПОРОУТВОРЮВАЧА НА ГУСТИНУ ВИЛИВКІВ З ПОРИСТОГО АЛЮМІНІЮ	54
Манько А.Ю. ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ МЕДЬ-СТАЛЬ	56
Міхневич Є.І. КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВУГЛЕЦЮ ТА ТИТАНУ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЖАРОСТІЙКИХ ХРОМОАЛЮМІНІЄВИХ СТАЛЕЙ	57
Нагорна О.О. ВПЛИВ МГД–ОБРОБЛЕННЯ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЛИТИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ	59
Нещадим В.Н. ВЛИЯНИЕ КРИЗИСА НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ УКРАИНЫ	60
Посыпайко І.Ю., Соценко О.В. ИЗНОСОСТОЙКИЕ ДЕТАЛИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ	62

Радченко К.С., Ямшинський М.М. ПІДВИЩЕННЯ ГІДРОАБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВИСОКОЛЕГОВАНОГО БІЛОГО ЧАВУНУ	65
Самарай В.П. ДИАГНОСТИКА ПЛОТНОСТИ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ	67
Селиверстов В.Ю., Куц П.Д. ВЛИЯНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ Р18Л, ЗАТВЕРДЕВАЮЩЕЙ В ФОРМЕ ЛВМ	68
Селиверстов В.Ю., Доценко Ю.В. РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА РАСПЛАВ В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ	71
Слєпцова А.Б. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ ФОСФАТНИХ СУМІШЕЙ	73
Сосіхіна О.О. ГАЗПРОНИКНІ ПРОТИПРИГАРНІ ПОКРИТТЯ	74
Сябрєнко В.І., Яблонський А.А. ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРИСТИХ ВИЛИВКІВ З АЛЮМІНІЮ	75
Товкач А.М., Власюк І.А. ВПЛИВ ЛЕГУВАННЯ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ ЗНОСОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ	78
Тошева О.М. НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНІ ДЕФЕКТИ ЛИТВА ПРИ ЛИТТІ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ	80
Ушакова С.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМОЧУВАННЯ РОСПЛАВІВ НА ОСНОВІ МІДІ РІЗНИХ ПІДЛОЖОК ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ	82
Федоров Н.Н., Федорова Н.В. ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТНОСПОСОБНОСТИ БЕНТОНИТОВЫХ ФОРМОВОЧНЫХ ГЛИН ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	84
Фесенко А.Н., Фесенко М.А., Волошин М.Ю. ДВОЙНОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЧУГУНА В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ	85
Филипенко Е.В. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА И МОДЕЛЕЙ ИСПЫТАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ	87
Черниш О.Г. ВПРОВАДЖЕННЯ КРІОТЕХНОЛОГІЙ У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	88
Шевчук Т.В. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ	90
Яблонський А. А. ВПЛИВ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ПОРОУТВОРЮВАЧА НА ГУСТИНУ ВИЛИВКІВ З ПІНОАЛЮМІНІЮ	92

СЕКЦІЯ 2. РОБОТИ СЛУХАЧІВ МАН

Басова Д.В. ВПЛИВ МУЗИКИ НА ЛЮДИНУ І ПРИРОДУ	94
Давидова В.А. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ІЗ ДОРОГОЦІННИХ МЕТАЛІВ	95
Днестрянська А.В. ХУДОЖНЄ ЛИТВО: ВИГОТОВЛЕННЯ ГАРМАТ ТА ПАМ'ЯТНИКІВ	96
Сулема О.К. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ МАТРИЦЬ У МАТЕМАТИЧНІЙ ОБРОБЦІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	97

СЕКЦІЯ 1. НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ

Бачинский Ю.Д.* , Сыропоршнев Л.Н.*

Бубликов В.Б., Ясинский А.А.

***(НТУУ «КПИ», Киев), (ФТИМС НАН Украины, Киев)**

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ ОТЛИВОК ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА БЕЗ ОТБЕЛА

Прогресс машиностроения выдвигает требование расширения применения тонкостенных отливок из высокопрочного чугуна, которые могут успешно конкурировать с отливками из алюминиевых сплавов. Проведенные исследования удельной прочности и долговременной прочности литейных алюминиевых сплавов и чугунов с шаровидным графитом подтвердили техническую и экономическую перспективность применения тонкостенных отливок из высокопрочного чугуна взамен алюминиевых сплавов.

Введение магния в жидкий чугун приводит к кристаллизационному переохлаждению – снижению температуры эвтектической кристаллизации на 5...30°С в зависимости от интенсивности охлаждения расплава в предкристаллизационный период. В результате переохлаждения наряду со стабильной эвтектикой «аустенит – шаровидный графит» в процессе кристаллизации может образовываться также метастабильная аустенито-цементитная эвтектика (ледебурит), а при высоких скоростях охлаждения – и первичный цементит. Образование структуры половинчатого высокопрочного чугуна крайне нежелательно, во-первых, из-за риска образования в отливках усадочных дефектов вследствие увеличения величины объемной усадки и, во-вторых, из-за необходимости проведения длительного энергоемкого высокотемпературного отжига для разложения образовавшейся при кристаллизации цементитной фазы, что значительно увеличивает расходы на получение товарной продукции. Поэтому наряду с высокой степенью сфероидизации графитных включений важнейшим показателем уровня технологии и качества высокопрочного чугуна является отсутствие первичного и эвтектического цементита в литой структуре.

Многие предприятия Украины работают на передельных чушковых чугунах обычного качества, содержащих 0,03...0,04 % серы, и сталкиваются при этом с

проблемой получения тонкостенных отливок без отбела. Снижение склонности высокопрочного чугуна к отбелу достигается применением качественных шихтовых материалов с содержанием серы менее 0,015%, оптимизацией химического состава чугуна, проведением графитизирующего модифицирования.

Выбор химических элементов, способствующих графитизации структуры невелик. Это в первую очередь углерод и кремний. Также можно использовать никель и медь, но, из-за высокой стоимости, они применяются лишь с целью повышения механических свойств высокопрочного чугуна при его легировании.

Влияние химического состава на отбел отливок изучали на образцах из высокопрочного чугуна, полученного путем переплава в индукционной электропечи передельного чушкового чугуна ПЛ2. Расчетное количество кремния или марганца вводили в печь в виде ферросплавов в конце плавки. Расплав модифицировали в ковше комплексным магний-кальциевым модификатором марки ЖКМК-4.

Из каждой плавки в сырой песчаной форме отливали два комплекта пластин толщиной 5; 10; 15; 20 мм, шириной 40 мм и высотой 200 мм. Для создания местного переохлаждения расплава, увеличивающего склонность высокопрочного чугуна к образованию отбела, пластины одного из комплектов отливали с применением чугунного холодильника, который контактировал с меньшей гранью отливки. Скорость охлаждения отливок без холодильника находилась в диапазоне 0,45...4,20°С/с, а отливок с холодильником – 1,53...8,3°С/с. Макроструктуру оценивали по излому пластин на середине их высоты. Степень отбела определяли как долю (%) площади, занятой отбелом + 0,5 площади занятой половинчатой структурой в общей площади излома.

На основе результатов экспериментального исследования получены количественные закономерности, характеризующие влияние содержания марганца, кремния и скорости охлаждения на степень отбела отливок, структурообразование и механические свойства высокопрочного чугуна. Показано, что карбидообразующее действие марганца значительно ослабляется при повышении содержания кремния в чугуне до 3,0...3,5 % и в результате применения ковшевого графитизирующего модифицирования ферросилицием ФС75.

Марганец является эффективным и экономичным средством повышения степени перлитизации металлической основы, увеличения прочностных показателей и износостойкости высокопрочного чугуна. Повышение содержания марганца обеспечивает получение перлитного высокопрочного чугуна с требуемыми

показателями прочности при приемлемой величине относительного удлинения без применения дорогостоящего легирования медью или никелем.

В свою очередь, кремний является эффективным средством повышения количества феррита в структуре металлической основы высокопрочного чугуна, и высокое его содержание (2,75...3,25 %) способствует получению отливок с толщиной стенок 5 мм без отбела, уменьшению их твердости, улучшению обрабатываемости резанием на станках-автоматах.

Регулированием содержания кремния и марганца в высокопрочном чугуне предотвращается образование отбела в тонкостенных отливках, регулируется соотношение перлит/феррит в металлической основе и уровень прочностных показателей.

Бондар О.А., Лисенко Т.В., Степаненко Г.В.

(ОНПУ, Одеса)

МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САМОСИНХРОНІЗАЦІЇ ЛИВАРНИХ ОБ'ЄКТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ЗАСОБАМИ

Розвиток ливарного виробництва, застосування все нових способів лиття, енергоємних процесів, сучасних матеріалів, обчислювальної техніки та засобів контролю унеможливили одержання якісних виливків без управління тепломасообмінними процесами, що відбуваються безпосередньо в ливарній формі після заливання.

З іншого боку, специфіка ливарного виробництва така, що реальне управління системою «вливки – форма» через виникаючі технічні та економічні проблеми надзвичайно утруднене. Фактично управління цим об'єктом є розімкнутим, тобто всі керуючі впливи на процес закінчуються, як правило, на стадії його проектування, що, у свою чергу, висуває жорсткі вимоги до використовуваних при цьому математичних моделей процесів і обмеження на вірогідність інформації про властивості застосовуваних матеріалів.

На жаль, у реальному житті математичні моделі через багатофакторність об'єктів ливарного виробництва суттєво неточні, а властивості формувальних, шихтових і допоміжних матеріалів суттєво непостійні. У комбінації з неможливістю прикладання керуючих впливів ці фактори фактично ставлять непереборний бар'єр

на шляху реалізації найсучасніших теоретичних ідей, наприклад, ідей синхронізуючих проектування та управління.

Але у певних випадках синхронізація виникає в силу природніх властивостей самої системи взаємодіючих об'єктів. У таких випадках говорять про самосинхронізацію.

Тому головним завданням роботи була спроба технологічними методами забезпечити такі властивості системи «виплинок – форма», які забезпечували б автоматичне коректування характеристик ливарної форми в міру її охолодження з виплинком, або – для випадку синхронізуючого управління – самосинхронізацію.

Для досягнення стану об'єктів ливарного виробництва, який забезпечує самосинхронізацію подій в його підсистемах, було запропоновано відповідний теоретично-експериментальний метод, який базується на даних експериментального дослідження взаємозалежностей в станах підсистем.

Практична реалізація методу складається із наступних етапів.

Етап 1. Аналітично з відомих залежностей або експериментально для конкретних умов відповідного процесу лиття визначаються залежності фазових змінних підсистем від часу та їхні взаємозалежності:

$$y_1 = f_1(\tau, y_2); \quad (1)$$

$$y_2 = f_2(\tau, y_1). \quad (2)$$

Етап 2 . Зв'язок між y_1 та τ і y_2 , отриманий на етапі 1 експериментально у вигляді таблично заданої функції, апроксимується аналітичним виразом.

Етап 3. Зв'язок між y_2 та τ і y_1 , отриманий на етапі 1 експериментально у вигляді таблично заданої функції, апроксимується аналітичним виразом.

Етап 4. Отримані на етапах 2 та 3 аналітичні вирази розв'язуються відносно τ :

$$\tau = \tilde{f}_1(y_1; y_2(\tau)); \quad (3)$$

$$\tau = \tilde{f}_2(y_2; y_1(\tau)). \quad (4)$$

Етап 5. Будуються вирази для часу настання подій S_1 та S_2 :

$$\tau_{S_1} = \tilde{f}_1(S_1; y_2(\tau)); \quad (5)$$

$$\tau_{S_2} = \tilde{f}_2(S_2; y_1(\tau)). \quad (6)$$

Етап 6. Формирується умова синхронізації:

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} F(\tau) = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \left| \tilde{f}_1(S_2; y_2(\tau)) - \tilde{f}_2(S_2; y_1(\tau)) \right| = 0, \quad (7)$$

Як видно з (7), функція, межа якої досліджується, містить взаємозалежні аргументи. З цього випливає також, що при відсутності цих аргументів (підсистеми не мають впливу одна на одну) значення функції не залежить від часу, і тому її межа при прагненні часу до нескінченності не має математичного сенсу.

Для дослідження умови синхронізації на виконливість спочатку треба пересвідчитись, що функція $F(\tau)$ при зростанні часу монотонно зменшується.

Для цього необхідно пересвідчитись, що її перша похідна всюди на досліджуваному інтервалі менше 0.

Далі залежність $F(\tau)$ апроксимується гіперболою вида:

$$y = A + \frac{B}{x^c}, \quad c \neq 0 \quad (8)$$

Саме коефіцієнти гіперболи A , B та C є «містком» між математичними умовами самосинхронізації та технологією ливарного виробництва.

Борисенко В.В., Сусло Н.В., Панченко А.Н.

(КМФ НМетАУ, Кривий Ріг)

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕЗОПОЧНОЙ ФОРМОВКИ

Литые шары большого диаметра (120 мм) используются на I стадии измельчения руды. Качество шаров определяется их стойкостью и эффективностью помола. Мелющие шары в процессе работы подвергаются двум основным видам износа – трению и удару. Сопротивление шаров этим видам износа зависит как от материала шара, так и от технологии его изготовления.

Анализ технической и патентной литературы показывает, что в Украине и за рубежом разрабатывались, в основном, три типа технологий литья шаров диаметром 120 мм:

- литьё в кокиль;
- литьё в комбинированные литейные формы;
- литьё в разовые песчано-глинистые формы.

Литьё шаров большого диаметра в кокиль способствует появлению в шаре такого дефекта как усадочная раковина из-за быстрого теплоотвода. Шары с таким дефектом при ударной нагрузке раскалываются.

Литьё в комбинированные формы улучшает качество шаров, так как применение песчаного стержня устраняет усадочную раковину в шаре, но при этом шары имеют высокую себестоимость из-за сложности изготовления формы, а также малую производительность.

При литье в песчано-глинистые формы получают шары высокого качества, но данный способ малопроизводителен, так как процесс сложно автоматизировать.

Автоматизировать процесс получения шаров большого диаметра возможно на линиях безопочной формовки, с использованием обычной песчано-глинистой смеси.

Принцип работы автоматической линии безопочной формовки при двустороннем прессовании, применённой для изготовления шаров большого диаметра, показан на рисунке 1.

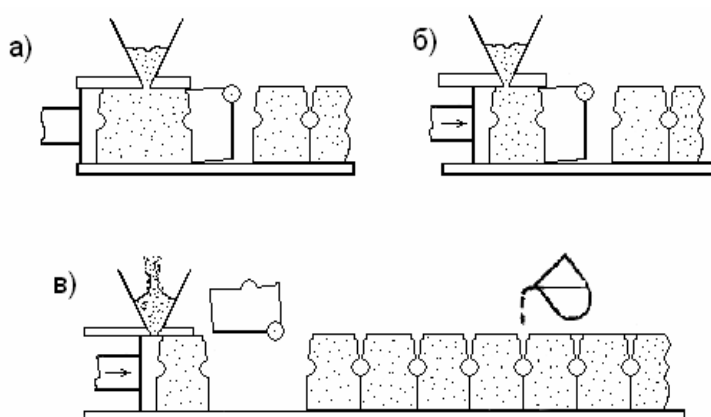


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы линии безопочной формовки при двустороннем прессовании

На позиции «а» происходит, вдув смеси в камеру, расположенную между двух односторонних подвижных модельных плит. На позиции «б» происходит двустороннее прессование блока. На позиции «в» происходит выталкивание и сборка форм в горизонтальную стопку под заливку жидким металлом.

После заливки и кристаллизации сплава формы передают на выбивку и очистку в галтовочном барабане, затем шары транспортируют к месту складирования.

Применение данной установки позволяет получать мелющие шары большого диаметра без усадочных раковин, с высокой износостойкостью. Также установка обладает высокой производительностью и высоким процентом выхода годного литья. Данная установка универсальна, имеет сменную оснастку, что позволит изготавливать отливки других конфигураций.

ВЕРЕД В.Л., ШЕЙКО О.І.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ВПЛИВ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ КВАРЦЕВИХ ПІСКІВ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ФОРМУВАЛЬНИХ І СТРИЖНЕВИХ СУМІШЕЙ

Основну масу виливків із різних сплавів виготовляють в разових піщано-глинястих формах, тому потрібно забезпечувати якісне литво.

Для виробництва якісних виливків велике значення має якість формувальних і стрижневих сумішей, які повинні мати необхідні технологічні властивості. Склад формувальних сумішей залежить від призначення, складності та відповідальності виливків, наявності необхідних вихідних матеріалів, серійності виробництва, технології виготовлення і збирання форм і стрижнів.

Задані властивості формувальних та стрижневих сумішей забезпечують, перш за все, вибором відповідних формувальних матеріалів-наповнювачів (пісків), зв'язувальних матеріалів і різних домішок. Використання високоякісних наповнювачів формувальних сумішей забезпечує високу якість виливків.

Відомо, що зернова структура наповнювачів значною мірою впливає на властивості формувальних і стрижневих сумішей: чим дрібніші зерна наповнювача і чим рівномірніше вони оточені прошарком зв'язувального компонента, тим краще вони заповнюють найдрібніші частини поверхні моделі і зберігають форму; чим дрібніше зерно наповнювача і чим кутастіша його форма, тим вища міцність формувальної суміші; газопроникність формувальної суміші залежить від її поруватості, від форми та величини цих зерен, від їх однорідності і від кількості в ній зв'язувального компонента та вологи. Формувальні суміші з наповнювача із округлими зернами мають вищу газопроникність, ніж із наповнювачем з кутастими формами зерен. Дрібні зерна, розташовуються між великими, зменшують газопроникність суміші, знижують поруватість і створюють дрібні звивисті канали, що утруднюють вихід газів;

розмір зерен наповнювача значної мірою впливає на теплофізичні властивості формувальних і стрижневих сумішей тощо.

Виходячи з багатофакторності впливу зернової структури наповнювача формувальної суміші на якість виливків, досить важко підібрати пісок оптимального зернового складу. Підвищення міцності формувальної суміші часто призводить до зниження газопроникності, а підвищення поруватості суміші призводить до зниження її міцності.

У даний час гранулометричний склад формувального наповнювача визначають за середнім розміром зерна і коефіцієнтом однорідності. Однак, ці параметри не дають чіткого уявлення щодо співвідношення часток різного розміру в загальному об'ємі наповнювача формувальних сумішей. А саме оптимальне співвідношення різних зернових фракцій у складі формувальної суміші дає можливість максимально підвищити всі технологічні властивості формувальної суміші.

Метою даної роботи є дослідження впливу гранулометричного складу наповнювача (кварцового піску) на технологічні властивості формувальних та стрижневих сумішей і визначення оптимального гранулометричного складу кварцового піску. Як зв'язувальні компоненти для приготування пластичної формувальної суміші використовуватиметься рідке скло та глина. Для оптимізації проведення експерименту потрібно побудувати план на основі ЛПт послідовностей (послідовності з рівномірним розташуванням точок в багатовимірному просторі), та розрахувати склад формувальної суміші із високими технологічними властивостями.

Розроблення математичної моделі дасть можливість розрахувати оптимальний гранулометричний склад наповнювача формувальної суміші, оптимізувати технологічні властивості формувальної суміші та врахувати тип і розмір виливків.

Враховуючи постійне зростання використання збагачених формувальних пісків для приготування формувальних сумішей можна припустити, що незабаром споживач буде пред'являти до них жорсткіші вимоги щодо оптимального зернового складу.

ОПТИМІЗАЦІЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЖАРОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ НИХ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ

Попередніми дослідженнями встановлено, що перспективним матеріалом для виготовлення жаростійких литих деталей відповідального і особливо відповідального призначення можуть бути хромоалюмінієві сталі і чавуни, оскільки вони мають меншу вартість і вищу жаростійкість у порівнянні із хромонікелевими.

На жаль, широкому використанню хромоалюмінієвих сталей у промисловості перешкоджають нижчі, у порівнянні з хромонікелевими сталями, механічні властивості при кімнатних і високих температурах та гірша технологічність.

Метою роботи є подальше вдосконалення технологічних і експлуатаційних характеристик хромоалюмінієвих жаростійких сталей легуванням титаном і визначенням співвідношення вмісту в цих сталях вуглецю та титану для покращання їх ливарних, механічних і спеціальних властивостей.

У роботі поставлені такі завдання:

1. Вдосконалити методики визначення ливарних властивостей сплавів, схильних до інтенсивного плівкоутворення.
2. Дослідити вплив титану і вуглецю на ливарні і механічні властивості та структуру хромоалюмінієвих сталей.
3. Визначити співвідношення титану і вуглецю в хромоалюмінієвих ливарних сталях залежно від умов експлуатації литих деталей, їх розмірів та геометрії.
4. Дослідити вплив рідкісноземельних металів на властивості та структуру нових хромоалюмінієвих сталей

Комплексне дослідження впливу вуглецю і титану на технологічні властивості жаростійкої хромоалюмінієвої сталі дало можливість рекомендувати покращений варіант ливарного матеріалу для виробництва виливків, які працюють в умовах високих температур і агресивних середовищ - хромоалюмінієву сталь, леговану титаном, такого складу, %: C = 0,30...0,40; Cr = 28...32; Al = 1,2...2,0; Ti = 0,25...0,60; Si < 1,0; Mn < 0,8; P < 0,025; S < 0,025.

Одним із перспективних технологічних заходів для покращання властивостей сплавів на основі заліза, в тому числі і хромоалюмінієвих сталей, а так же

підвищення якості деталей із цих матеріалів є додаткове оброблення розплав у перед заливанням у ливарну форму рідкісноземельними металами (РЗМ).

Досліджено вплив РЗМ на властивості рекомендованої хромоалюмінієвої сталі з титаном в діапазоні концентрацій до 0,5% (за присадкою).

Встановлено, що присадка до 0,3% РЗМ у хромоалюмінієву сталь помітно підвищує її рідкотекучість внаслідок дегазації і десульфурзації розплаву. РЗМ утворюють незмочувані сталлю сполуки, які швидко спливають у шлак і знижують температуру плівкоутворення рідкого металу.

Присадка понад 0,15% РЗМ позитивно впливає на лінійну усадку і тріщиностійкість. Також оксиди РЗМ можуть бути додатковими центрами кристалізації і подрібнювати первинне зерно, внаслідок чого покращуються механічні властивості.

Підвищення присадки РЗМ понад 0,5% сприяє збільшенню загальної кількості неметалевих домішок, які розташовуються як на межах зерен.

Присадка до 0,25% РЗМ сприятливо впливає на характеристики міцності сталі. Крім того, присадка РЗМ понад 0,15% сприяє мікролегуванню фериту, що також підвищує характеристики міцності хромоалюмінієвої сталі.

Проте, подальше збільшення присадки РЗМ знижує міцність та ударну в'язкість хромоалюмінієвої сталі через збільшення кількості неметалевих вкраплин і появи крихких інтерметалевих сполук.

Твердість дослідженої сталі з підвищенням присадки РЗМ до 1,0% знижується з 212 до 180 НВ.

Додаткове легування хромоалюмінієвих сталей титаном підвищує технологічні властивості жаростійких хромоалюмінієвих сталей при виготовленні тонкостінних великогабаритних литих деталей складної геометрії.

Для дегазації, десульфурзації, дефосфорації і модифікації хромоалюмінієві сталі доцільно додатково опрацьовувати рідкісноземельними металами (0,15...0,25% за присадкою).

Незважаючи на дороговизну цих елементів, їх використання є економічно доцільним, тому що вони підвищують ливарні і механічні властивості та експлуатаційні характеристики.

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ СПІКАННЯ ПІНОПОЛІСТИРОЛОВИХ АРМОВАНИХ МОДЕЛЕЙ

Сучасне машинобудування орієнтується на зменшення металоємності та собівартості продукції за рахунок використання нових матеріалів та методів виробництва. Литтям можна виготовити складні за конфігурацією і геометрією виливки з чорних та кольорових металів з коефіцієнтом використання металу до 75...98%.

За останнє десятиліття розвитку технологій в ливарній справі набуває популярність нова технологія виробництва – лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ). Основні переваги ЛГМ процесу визначається наступними показниками: стабільність розмірів моделі; відсутність площини розніму форми, що підвищує точність виливків; вилучаються операції виготовлення та встановлення стрижнів.

ЛГМ процес дає можливість вводити в пінополістиролові моделі армуючі елементи, добавки (модифікатори та легувальні елементи) з наступним їх переносом у форму під час заливання металу. Дана технологія дає можливість виготовляти виливки з диференційованими властивостями, внаслідок дифузійної взаємодії різних шарів виливка, що забезпечує підвищення експлуатаційних характеристик деталей машин та механізмів.

Дана робота направлена для визначення оптимального часу спікання пінополістиролових моделей з вставками. Як вставки використовували алундові, сталеві та мідні прутки діаметром 4 мм. Модельний зразок розмірами 100*40*20 мм виготовляли з пінополістиролу щільністю 25 кг/м³, з середнім розміром гранул 0,40мм. Прес-форма, виготовлена з силуміну, мала товщину стінки 20мм. У пінополістиролову модель вставляли три термопари по довжині моделі. При спіканні по стандартному режиму (цикл виготовлення 7хв 30с) моделей автоклавним способом паралельно здійснювали термометрування процесу за допомогою приладу МИРТ-8 з частотою фіксації температури 1 вимір/с для визначення оптимального часу спікання моделей із вставками та без них.

Результатом дослідів є графіки залежності температури пінополістиролової моделі від часу її спікання в автоклаві при використанні вставок у вигляді прутків різної кількості та різного матеріалу (кераміка, мідь, сталь). Дані графіки можна

охарактеризувати та порівняти за наступними критеріями: кутом нахилу кривої зростання температури до необхідної температури відносно додатнього напрямку осі абсцис, часом досягання необхідної температури (вибрано 95°C) та кутом нахилу кривої при охолодженні моделі.

Дослідженнями встановлено, що армування моделі вуглецевою сталлю Ст3 завдяки більшій теплопровідності матеріалу зменшило час спікання моделі (досягнення вибраної сталої температури) в 1,32 рази. Армування моделі бронзою майже не змінило час спікання, в той же час при армуванні моделі алундовими прутками спостерігається збільшення часу спікання в 1,17 рази, хоча армування керамічними вставками моделі використовується для досягання наступної мети - зменшення маси вилівка та скорочення кількості використовуваної дорогої сировини. Армування сталлю та міддю використовують для підвищення фізико-механічних властивостей виливків, в першу чергу їх міцності.

Гудзовська Н.С.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРОЧАСОВОГО ОБРОБЛЕННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ СТРИЖНЕВОЇ СУМІШІ НА ОСНОВІ СПУЧЕНОГО ПЕРЛІТУ З ПІНОПОЛІСТИРОЛОВИМ З'ЯЗУВАЛЬНИМ КОМПОНЕНТОМ

Для лиття за моделями що газифікуються як матеріал для моделей переважно використовують полістирол. Пінополістиролові моделі одержують автоклавним методом або методом теплового удару, обробленням паром ($P > 0,015$ Мпа) вихідних гранул цього матеріалу, розташованих у прес-формах. Разом з тим, існують методи одержання піномоделі з металевими добавками, з оболонкою з легкоплавких композицій і з піщаними стрижнями. Останній технологічний процес можна застосовувати для виготовлення складної конфігурації комбінованих піномоделей. Але під час оброблення паром піщаних стрижнів на основі відомих зв'язувальних компонентів погіршуються їх міцнісні характеристики через насичення вологою, тому було запропоновано замінити пісок на спучений перліт на основі пінополістиролового зв'язувального компонента, який одержується розчиненням у живичному скипидарі.

Дослідження проводили на стандартних зразках «вісімки» із спученого перліту з 30% сполучним введенням його в суміш 20% від усього об'єму. Час оброблення

парою досліджуваних зразків змінювали від 8 до 16 хв. Тиск в автоклаві змінювали від 0,150 до 0,115 МПа. Ступінь зміцнення визначали глибиною проникнення на приладі "Голка Віка". Глибина проникнення змінювалася від 3,2 до 2,3 мм.

На основі аналізу даних, отриманих під час дослідження, встановлено, що поверхнева міцність збільшується, але незначно. Вивчивши площу поперечного перерізу зразка виявили, що товщина поверхневої кірки становить приблизно 3 мм, що не може забезпечити високі міцнісні характеристики. Це пов'язане з поганою теплопровідністю й гідрофобністю спученого перліту. Тому метою подальшого дослідження було вивчити матеріали які б підвищували теплопровідність і гідрофобність спученого перліту. Одним з таких матеріалів є сріблястий графіт, який добре проводить тепло й відштовхує воду.

Для початку ввели 5% графіту від усього об'єму стрижневої суміші. Випробування проводили в тих же умовах і на основі отриманих даних установили, що глибина проникнення змінюється від 3,5 до 2,0 мм, що не суттєво, але значно швидше в часі. Такими ж випробування з 10% графіту від загального об'єму стрижневої суміші й вивченням поперечного перерізу зразка встановлено, що поверхнева кірка становить приблизно 8 мм, що набагато перевищує одержані попередні дослідження.

Аналіз експериментальних даних дають можливість зробити висновки, що з підвищенням вмісту графіту в стрижневій суміші на основі спученого перліту з пінополістироловим зв'язувальним компонентом підвищує поверхневу міцність зразків, а отже, і стрижнів.

Демидов Д.С., Кочешков А.С.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ З КОЛЬОРОВИХ СПЛАВІВ

У рамках магістерської роботи досліджували та визначали параметри процесу виготовлення біметалевих виливків з кольорових металів, зокрема виливків з дорогоцінних металів.

Як правило для виготовлення біметалевих виробів користуються пайкою. Процес пайки має суттєві недоліки у порівнянні з процесом лиття, а саме:

- підвищене використання електроенергії, що здорожує собівартість виробу;
 - неможливість з'єднання внутрішніх елементів виробів;
 - наявність шва, що значно погіршує естетичні властивості виробів, які є найголовнішими у ювелірному та художньому ремеслі;
 - необхідність створення додаткового робочого місця та дільниці пайки;
- при виробленні виробів складної конфігурації – неможливість застосування пайки.

Існує два шляхи отримання біметалевих виробів – одночасним та послідовним заливанням металів.

У роботі досліджено процес виготовлення біметалевих виробів з використанням послідовного заливання. Для імітації цього процесу були виготовлені зразки, які склалися з мідної підложки, наважки з срібла та флюсу. Незмінними були: розміри підложки та наважки; температура печі відпалу, в якій проводилися досліді; метод нанесення флюсу, який обирався самостійно згідно діючих стандартів. У процесі роботи змінювали комбінації флюсів та час витримки в печі.

Після завантаження зібраних виробів у піч, фіксували час та температуру проведення досліді. Зразки витримували в печі до моменту утворення галтелей срібляної наважки, що відповідало початку переходу срібла в рідкий стан.

Після проведення експериментів визначали наступні параметри:

- діаметр, висоту та площу краплі ;
- кути змочування;
- глибину проникнення наважки в підложку;
- перехідний шар біметалевого зразка.

Після оброблення отриманих визначені рекомендації щодо параметрів та умов виготовлення біметалевих виробів у реальних умовах лиття.

Доценко Ю.В., Селіверстов В.Ю.

(НМетАУ, Дніпропетровськ)

ВПЛИВ ТИСКУ ТА МОДИФІКУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛУ ВИЛИВКІВ ІЗ СПЛАВУ АК9

Основними дефектами виливків, отриманих литтям під тиском, є повітряна (газова) шпаристість, обумовлена захватом повітря при великих швидкостях впуску

металу в порожнину форми, і усадкова шпаристість (або раковини) у теплових вузлах. На утворення цих дефектів великий вплив справляють як параметри технології лиття - швидкість пресування, тиск пресування, тепловий режим прес - форми, так і вміст газу у сплаві, що заливають, і газове середовище в прес - формі й камері пресування, а також методи дії на розплав. Тому питання підготовки розплаву до заливання є актуальним.

Дослідження розплавів системи Al-Si дають підставу припустити наявність в них особливого передкристалізаційного стану - комплексів (кластерів) або псевдозародків. Дрібнокристалічну структуру можна одержати на сплавах технічної чистоти без введення модифікатора в результаті швидкого охолодження, дії високого тиску, обробки постійним струмом і вібрацією. Ідентичність мікроструктур, одержаних при швидкому охолодженні і при обробці модифікатором, вважають підтвердженням однакового механізму структуроутворення.

Великий інтерес представляє поєднання процесу модифікування алюмінієвих ливарних сплавів і лиття під високим тиском. Тому метою статті є аналіз експериментальних досліджень по впливу модифікування на механічні властивості виливків одержаних методом лиття під високим тиском.

Для підвищення механічних властивостей вилівка «Корпус помпи», який отримують на машині лиття під високим тиском з горизонтальною холодною камерою пресування моделі 711A08, проводили модифікування TiCN в кількості 0,01% від маси розплаву. Ультрадисперсний модифікатор TiCN вводили у розплав при температурі 953 К за допомогою «колокольчика».

Аналіз технологічних режимів модифікування розплаву АК9 при отриманні виливків для лиття під тиском, показав, що механічні властивості збільшуються на 15-20% порівняно з немодифікованим станом. Практично повністю усувається шпаристість виливків. Після модифікування вдалося подрібнити мікроструктуру приблизно в 1,5-2,5 рази. Будова дендритів стала дисперсною, при цьому вдалося одержати більш рівномірний розподіл зерен по перетину зразка і стабілізацію їх розмірів. Дендрити нерегулярної форми в результаті модифікування перетворилися в дендрити із зовнішніми контурами, близькими до сферичних.

Езжев В.В., Федоров Г.Є.

(НТУУ «КПИ», Киев)

МИКРОЛЕГИРОВАНИЕ И МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЖАРСТОЙКИХ ХРОМОАЛЮМИНИЕВЫХ СТАЛЕЙ

В качестве литейного материала для изготовления деталей, работающих в условиях высоких температур (до 1300°C) и агрессивных сред, в последние годы широко используются недорогие и недефицитные хромоалюминиевые стали.

Важной эксплуатационной характеристикой металлов для отливок, работающих в условиях высоких переменных температур, является термостойкость – способность металлов и сплавов не разрушаться под действием термических напряжений, обусловленных сменой температуры во время нагревания и охлаждения изделий. Термостойкость металла зависит, прежде всего от фазового состава структуры и размеров зерен.

Вместе с тем жаростойкий сплав должен иметь и удовлетворительные литейные и механические свойства.

Хромоалюминиевые стали относятся к ферритному классу, не имеют фазовых превращений, размеры первичных зерен остаются неизменными даже после любых режимов термической обработки.

Литейные дефекты в сочетании с крупнозернистой структурой способствует снижению надежности и долговечности жаростойких литых деталей.

Следовательно работы, связанные с повышением качества исходного металла, оптимизацией процессов легирования, микролегирования и модифицирования являются весьма актуальными.

Таким образом, сделана попытка улучшения литейных, механических и эксплуатационных свойств путем микролегирования и модифицирования.

Микролегирование, как и легирование, сопровождается сложным физико-химическим взаимодействием между жидким металлом и элементами, которые в него вводятся. Этот процесс эффективно влияет, прежде всего, на чистоту границ зерен, улучшая этим их связь, и на механические свойства.

Микролегирование существенно повышает эксплуатационные свойства (окалиностойкость и термостойкость) металла.

Модифицирование литейных сталей существенно изменяет характер кристаллизации, что очень важно для сплавов с низкой теплопроводностью и склонностью к росту первичного зерна, то есть измельчает первичное зерно.

Для микролегирования сталей используются такие элементы: иттрий – до 0,6%; кальций – до 0,1%; ванадий, цирконий – до 0,3%.

Для модифицирования и вместе с тем легирования используются редкоземельные металлы т.к. они могут образовывать твердые растворы и забирают легкоплавкие компоненты, приводить с игольчатой формы в глобулярную.

Наилучший комплекс литейных, механических и эксплуатационных свойств хромоалюминиевая сталь приобретает после обработки ее иттрием в количестве 0,10...0,25% (по присадке): жидкотекучесть стали повышается на 35...40%, линейная усадка снижается с 2,20 до 1,84%, а временное сопротивление разрыву увеличивается с 340 до 440 МПа. Окалиностойкость стали повышается после присадки иттрия во всем исследованном диапазоне, но наиболее эффективно его действие – до 0,35%.

Иттрий, вступая во взаимодействие с металлическим расплавом, образует тугоплавкие кристаллические системы оксидов, нитридов и карбонитридов.

Такое образование вынужденных центров не только улучшает условия кристаллизации жидкого металла, но и положительно влияет на процессы превращения в твердом состоянии. Это повышает общий уровень качества металла, его пластичность и прочность при высоких температурах, увеличивает сопротивление высокотемпературной коррозии и др.

Кроме того, иттрий, имея высокое сродство к сере и кислороду, эффективно влияет на форму, величину и распределение неметаллических включений. Значительно снижается их количество по границам зерен, поскольку тугоплавкие глобулярные оксиды и сульфиды иттрия располагаются, в основном, внутри зерна. Эти включения вместе с интерметаллидами иттрий-алюминий создают препятствия движению дислокаций, чем существенно повышают высокотемпературную прочность и термостойкость стали.

Иттрий повышает также и окалиностойкость металла за счет изменения состава и свойств внутреннего слоя защитной окалины. Повышаются ее адгезионные свойства, что, в значительной мере, предотвращает скалывание оксидного слоя с поверхности изделия при теплосменах.

Кальций в количестве до 0,1% способствует увеличению жидкотекучести, прочности и снижению линейной усадки. Обладая большим сродством к кислороду, сере и азоту, кальций в значительной мере изменяет количество, форму и морфологию неметаллических включений, что улучшает структуру металла и повышает термостойкость изделий. Несмотря на то, что кальций несколько снижает окалинстойкость, обработка хромоалюминиевой стали кальцием до 0,1% (по присадке) целесообразна и экономически выгодна, особенно при совместном использовании иттрия и кальция.

Ванадий относится к карбидообразующим элементам, образует очень твёрдые и стойкие карбиды VC и V₄C₃ у которых углерода в 2,5 раза больше, чем в Fe₃C.

Кроме того этот элемент является сильным, раскислителем и дегазатором, связывает азот в прочное соединение – нитрид ванадия VN с температурой плавления 2050°C.

Присадки до 0,2% ванадия несколько улучшают жидкотекучесть хромоалюминиевой стали, а до 0,1% – снижают линейную усадку, существенно повышает временное сопротивление разрыву и термостойкость, а также несколько улучшают окалинстойкость металла.

Более полезны присадки ванадия совместно с иттрием и кальцием, поскольку эти элементы дополняют один другого и обеспечивают металлу надёжность в работе, особенно в условиях частых и резких теплосмен.

Положительное влияние на жидкотекучесть, прочность и эксплуатационные характеристики хромоникелевой стали оказывают присадки циркония в количестве до 0,2%. Однако для производства сложных по геометрии тонкостенных отливок применение циркония нежелательно, поскольку он увеличивает линейную усадку. По своему действию на высоколегированные стали цирконий подобен титану и ванадию.

Таким образом однозначно доказана целесообразность дополнительного микролегирования и модифицирования хромоалюминиевых жаростойких сталей присадками иттрия (0,10...0,25%), кальция (до 0,1%), ванадия (до 0,2%) и циркония (до 0,2%). Несмотря на некоторые дополнительные затраты, эти процессы себя оправдывают, поскольку существенно повышаются надёжность и долговечность работы литых деталей, особенно в металлургии, теплоэнергетике и химической промышленности.

Ефименко Г.Г., Цымбал М.И., Самарай В.П., Нецадим В.Н., Свириденко Ж.В.*

(НТУУ «КПИ», Киев) (НМетАУ, Днепропетровск)*

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНОПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Сравнение технологий агломерации и обжига окатышей дает возможность отметить как их достоинства, так и недостатки. К примеру, в процессе агломерации используется твердое топливо в виде коксика, антрацита, тогда как в процессе обжига окатышей топливом является практически только природный газ. В настоящее время это весьма дорогой продукт и цена его продолжает повышаться. В силу своих недостатков ни агломерат, ни окатыши не могут полностью удовлетворить потребности металлургических технологий.

На основе вышеуказанных способов, с учетом их недостатков и преимуществ, был разработан комплексный монопроцесс производства шихтовых материалов для металлургических технологий, который позволяет получать шихтовые материалы с заданными свойствами высокого качества для основных металлургических процессов по единой технологии. Он включает следующие технологические операции: дозирование компонентов исходной шихты, смешивание их в необходимой последовательности, окомкование, загрузка слоя гранул на ленточную конвейерную машину, сушка, термическое упрочнение и охлаждение.

Комплексный монопроцесс предполагает окомкование всех компонентов шихты. В процессе окомкования конструируется локальная структура гранулы путем смешивания определенных компонентов, накатывания их в определенной последовательности до заданных размеров (от 5 до 25 мм). В качестве железорудной составляющей используется железная руда, концентрат, отходы основного производства и возврат.

Особенность комплексного монопроцесса заключается в использовании преимущественно твердого топлива или, в зависимости от наличия, комбинации твердого топлива и газа. Часть твердого топлива накатывается на поверхность гранулы, остальная часть закатывается внутрь. Такой способ введения топлива в состав исходной шихты повышает эффективность горения и способствует интенсификации процесса спекания. Как известно, реакция горения определяется диффузией кислорода. Когда часть топлива распределена на поверхности гранул,

реакция горения проходит значительно быстрее из-за легкого доступа кислорода, при этом температура слоя шихты повышается во всех зонах. Варьирование размещения твердого топлива по сечению гранулы дает возможность управлять физико-химическими процессами, которые происходят при термоупрочнении, снижать или увеличивать температуру спекания и таким образом получать определенные заданные качества готового продукта.

С целью повышения содержания железа в готовом продукте вяжущие и флюсы заменяются флюсовым вяжущим. В настоящее время наиболее перспективным флюсовым вяжущим является карбонатная известь.

Введение карбонатной извести в состав шихты дает возможность управлять распределением жидкой фазы внутри гранулы путем изменения концентрации карбонатной извести по сечению гранулы. Изменение размера гранул и концентрации карбонатной извести от центра к поверхности, а также соотношения твердого топлива на поверхности гранул и внутри позволяет получать металлургическую шихту различных видов: агломерат, аглоспек, мелкие окатыши. После грануляции гранулы загружаются на ленточную конвейерную машину, где проходят три зоны - сушки, спекания и охлаждения.

Чтобы определить состав исходной шихты и технологические параметры для производства того или иного типа шихтовых материалов, нужно задаться совокупностью свойств металлургической шихты, необходимой для конкретного металлургического процесса.

Заєць Ю.В., Цибуля О.П.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ФОРМУВАЛЬНІ СУМІШІ З ЕНДОТЕРМІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Для виготовлення виливків зі спеціальними властивостями (двошарових, індефінітних та градієнтних) використовують способи, що передбачають або приготування двох розплавів, або використання стрижневих і формувальних сумішей та фарб, які дозволяють впливати на структуру поверхневого шару виливка.

Використання таких способів має низку характерних недоліків. Одним з яких є негарантоване та утруднене отримання вибіленого поверхневого шару заданої товщини.

Зокрема для виготовлення прокатних та каландрових валків використовують технологію двох розплавів або використовують форми, які містять холодильники.

Використання металофосфатних сумішей, що мають підвищену теплопровідність надає перспективи для виготовлення виливків з неоднорідним поверхневим шаром.

Раніше при використанні металофосфатних сумішей не враховували їх властивість підвищеної теплоакумуючої здатності. Ця властивість дозволить впливати на процеси структуроутворення вилівка при кристалізації. Це надасть можливість виготовляти виливки з диференційними властивостями.

Метою даної роботи є дослідження матеріалів, які мають високу теплопроникність та високу теплоакумуючу здатність, і вивчення їх властивостей, для можливого подальшого використання цих матеріалів при виготовленні ливарних форм та стрижнів, що поглинатимуть тепло від розплаву.

З усіх металофосфатних сумішей обрано залізофосфатні, оскільки вони мають досить тривалий період твердіння оксиду заліза і ортофосфорної кислоти.

Було запропоновано частину вогнетривкого наповнювача замінити коксом.

Для цього потрібно дослідити вплив кількості коксу на теплофізичні властивості суміші.

Для дослідження було обрано такі суміші (див табл.1).

Таблиця 1- Хімічний склад досліджуваних ХТС

Умовне позначення суміші	Складові (за масою, %)			
	пісок	кокс	окалина	ортофосфорна кислота
№1	90	-	4-7	3-5
№2	50	-	25	25
№3	-	50	25	25
№4	-	-	50	50
№5	20	30	25	25
№6	-	90	5	5
№7	15	75	5	5
№8	30	60	5	5

З кожної суміші виготовили стрижні у формі куба з розмірами 40×40×40мм.

Для досягнення достатньої міцності стрижнів, їх прожарювали в печі при температурі $t=350^{\circ}\text{C}$ протягом 45 хвилин.

З метою дослідження теплофізичних властивостей досліджуваних сумішей, а саме швидкості проникнення тепла в зразку, здійснювали термоаналіз виготовлених з даних сумішей стрижнів. Одночасно з цих же сумішей виготовляли й інші стрижні з розмірами 50×35×10мм, які в подальшому проставляють у ливарну форму для заливання ступінчатої проби, що дозволяє дослідити вплив теплофізичних властивостей зразків сумішей на зміну твердості поверхневого шару виливка

Проведені дослідження дозволяють скорегувати склади досліджуваних сумішей для досягнення поставленої у роботі мети, а саме розроблення сумішей, що поглинають тепло від розплаву та сприяють отриманню вибіленого поверхневого шару на виливках з сірого чавуну.

Іванова Л.Х., Колотило Є.В., Шапран Л.О., Хитько О.Ю., Івонін І.В., Хазанов А.В.
(НМетАУ, Дніпропетровськ)

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КРУПНОГАБАРИТНИХ ВИЛИВКІВ

Модифікування чавунних розплавів магнієм, що розповсюджене при виробництві крупногабаритних виливків (наприклад, прокатних валків), дозволяє одержати графітні включення сприятливої кулястої форми та забезпечує добрі механічні властивості чавуну. Однак, за цього відбілений робочий шар валків із модифікованого магнієм чавуну засмічується неметалевими включеннями, що зменшує службові (зносостійкість та термостійкість) та механічні (твердість, границі міцності при розтягу та вигині) властивості. Заміна магнію комплексними модифікаторами на основі рідкісноземельних металів, як відомо, сприяє підвищенню якості виливків.

В лабораторних умовах було досліджено вплив різних рідкісноземельних металів та комплексних модифікаторів на їх основі на структуру і властивості білих і сірих чавунів в інтервалі швидкостей охолодження 0,25...4,5 град/с. Встановлені інтервали концентрацій модифікаторів, що забезпечують максимальний рівень службових та механічних властивостей. З урахуванням цих результатів була розроблена технологія лиття прокатних валків з використанням для модифікування комплексних модифікаторів. Застосування комплексних модифікаторів значно спрощувало технологію одержання великих мас модифікованих розплавів,

поменшувало тривалість плавлення за рахунок більш низької температури випуску розплаву з печі.

Результати порівняльного дослідження структури і властивостей виливків серійного виробництва та дослідних наведені у таблицях 1 і 2. Встановлено, що за близького хімічного складу у структурі матеріалу робочого шару дослідних виливків графіту не було, в той самий час як у виливках серійного виробництва кількість графіту складала 0,5...2,5%. Крім того, структура металевої матриці матеріалу дослідних виливків характеризувалася більшою дисперсністю перлітної складової у порівнянні з серійними (див. табл. 2). Умовні розміри карбідів на глибині від поверхні 10 мм були 7,0 та 8,7 мкм, відповідно.

Таблиця 1 Хімічний склад чавуну та умови заливання виливків

Тип модифікатора	Вміст хімічних елементів, %							Температура розплаву, °C	
	C	Si	Mn	P	S	$\sum PЗМ$	Mg	випуску з печі	заливання в форму
Магній	3,07	0,95	0,51	0,14	0,01	-	0,04	1470	1310
	3,10	0,99	0,52	0,12	0,01	-	0,04	1470	1310
Комплексний модифікатор	3,05	0,96	0,50	0,12	0,01	0,21	-	1410	1310
	3,00	0,98	0,52	0,14	0,01	0,195	-	1410	1310

Таблиця 2 Результати дослідження структури та твердості матеріалу робочого шару валків

Тип модифікатора	Відстань від поверхні бочки, мм	Кількість структурних складових, %				Характеристика перліту		Твердість HSD на відстані від поверхні, мм		
		графіт	цементит	перліт	ферит	дисперсність	анормальність	10	15	20
Комплексний модифікатор	10	-	35,5	56,4	8,1	ПД1,0; ПД0,5	Па3; Па2	63	61	61
	20	-	38,0	56,6	8,4	ПД1,0; ПД0,5	Па3			
Магній	10	0,5	31,5	52,5	15,5	ПД1,0Р;	Па4	57	55	55

						ПД1,4				
	20	2,5	25,0	67,0	12,5	ПД1,0Р; ПД1,4	Па3			

Аномальність у будові перліту в робочому шарі була у виливках серійного виробництва Па4 і Па3, а у дослідних – Па3 і Па2. Кількість фериту у дослідних виливках була у 1,5...2 рази меншою. Крім того, модифікування комплексним модифікатором дозволило зменшити у 2...6 разів (залежно від швидкості охолодження) кількість неметалевих включень у робочому шарі виливків за одночасного зменшення їх середніх розмірів.

Порівнювальні випробування механічних властивостей чавунів показали, що матеріал робочого шару валків мав значно вищі властивості: на глибині від поверхні 10...160 мм міцнісні властивості були на 15...20% більші у дослідних валках, та тільки на глибині більше за 160 мм, переважно у верхніх частинах бочок, механічні властивості чавуна валків серійного виробництва були декілька більші, ніж у дослідних, що пояснюється ліпшою формою графітних включень. Механічні властивості у матеріалі шийок дослідних валків також були більшими на 10...20%. Промислові випробування також показали підвищену на 20...30% стійкість у порівнянні з валками серійного виробництва.

Подальше підвищення якості дослідних виливків теперішнього часу пов'язане з термічним обробленням. У лабораторних і промислових умовах було проведено комплекс досліджень, у тому числі: обґрунтування видів термічного оброблення; вибір швидкостей охолодження в інтервалі критичних температур, які забезпечують підвищення властивостей валкових чавунів; вибір температур нагрівання та тривалості видержки; опробування розроблених режимів термічного оброблення на натурних зразках – прокатних валках.

Після термічного оброблення дослідних виливків у мікроструктурі матеріалу робочого шару пластинчастий перліт повністю зникав, а перетворення вторинного аустеніту проходило з утворенням сорбітоподібного й зернистого перліту. Кількість евтектичного цементиту зменшувалася на 3...8%. Механічні властивості матеріалу виливків збільшувалися в 1,2...2, а стійкість – в 1,5...1,8 разів.

Кіндрачук М.В.,* Писаренко В.М., Іщук Н.В.

(НТУУ «КПІ», Київ), (НАУ, Київ)*

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРОБЛЕНИХ ЛАЗЕРОМ ПОВЕРХОНЬ СТАЛІ 40Х З НАСТУПНИМ АЗОТУВАННЯМ

Розглянуто особливості впливу попередньої лазерної обробки на фазовий склад будову і властивості азотованих шарів на сталях. Показано, що якісний та кількісний характер змін в азотованому шарі визначається заздалегідь сформованим структурно-фазовим станом.

Лазерні технології дали змогу в останні десятиріччя створити нові методи обробки поверхні, що різко змінюють будову і структурно-напружений стан поверхневих шарів, збільшують їх твердість, зносостійкість та деякі інші властивості.

Перспективним методом зміцнення підвищення довговічності деталей машин є створення зносостійких дискретних композиційних покриттів [1,2]. Регулюючи геометрію, структуру і фізико-механічні властивості поверхневих шарів параметрами нагрівання та контурно-променевої схеми лазерного зміцнення можна керувати характеристиками покриттів.

Тому метою роботи був вибір оптимальних щодо зносостійкості конструкції та складу дискретних покриттів, сформованих лазеро-хіміко-термічною обробкою.

Лазерну дискретну обробку сталі 40Х здійснювали на установці „ЛАТУС-31” за режимами: потужність випромінювання – 0,9...1,1 кВт, діаметр ділянки фокусування променя – 5 мм, швидкість пересування лазерного променя – 0,5; 0,8; 1,2; 1,4 м/хв.. При цьому температура поверхневого шару на сталі перевищувала АСЗ, але була нижчою за температуру плавлення. Наступне азотування проводили в середовищі аміаку за температури 800...860 К. Час витримування – 10...20 год.

Було проведено дослідження впливу тривалості часу азотування на зносостійкість дискретно оброблених лазером поверхонь сталі 40Х. З'ясовано, що зі збільшенням часу витримування процесу азотування від 1 до 10 год. Ці дані наведено у таблиці 1.

Досліджено вплив поверхневої концентрації азоту зміцнених поверхонь на трибо технічні властивості. Максимальна зносостійкість спостерігається при концентраціях азоту в діапазоні 6,0...8,5 % мас. (рис.1). Це пояснюється тим, що поверхневі нітридні шари пар тертя складаються переважно з ϵ -фази

(гексагонального карбонітриду $Fe_{2-3}(NC)$, близької до нижньої межі розчинності азоту. Така структура ϵ -фази дозволяє виключити її крихкість та отримання в шарі крихкого нітриду Fe_2N (він більш пластичний, ніж гранецентрований нітрид Fe_4N). При цьому твердість зміцненого шару наближується до твердості γ -фази з одночасним зберіганням пластичності ϵ -фази, утворюючи таким чином, оптимальні структурні передумови для підвищення зносостійкості.

Таким чином, встановлено, що шляхом корегування структурно-фазового та хімічного складу трибо елементів можливо керувати процесом формування вторинних структур для забезпечення підвищення зносостійкості матеріалу. Найбільшу зносостійкість мають дифузійні шари, що складаються з ϵ -фаз – нітридної (Fe_3N) та карбонітридної [$Fe_{2-3}(N,C)$].

Таблиця 1. Триботехнічні характеристики дискретно обробленої сталі 40X

Обробка	Товщина азотованого шару		Зношування мг/см ² хкм
	На ділянках з лазерною обробкою	На ділянках без лазерної обробки	
Лазерна обробка + азотування 1 год	0,35	0,02	0,33
Лазерна обробка + азотування 5 год	0,39	0,06	0,38
Лазерна обробка + азотування 10 год	0,45	0,12	0,45
Азотування 10 год	-	0,12	0,80

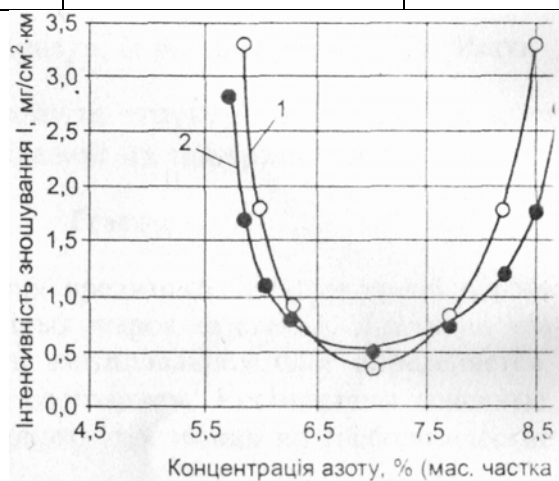


Рис.1. Залежність інтенсивності зношування і коефіцієнта тертя від концентрації

АНАЛІЗ МОДИФІКАТОРІВ ДЛЯ ЧАВУНУ ВИЛИВНИЦЬ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ СТІЙКОСТІ

Актуальною задачею в умовах металургійних підприємств є підвищення експлуатаційної стійкості виливниць і зниження їх питомих витрат на тонну виплавленої сталі.

Найбільш поширеним матеріалом для виготовлення виливниць є доменний чавун з пластинчастим графітом первинної плавки. Основна проблема стійкості таких виливниць полягає у появі тріщин I і II роду, пов'язаних із структурним розподіленням та формою графітних включень ПГф 1 (ГОСТ 3443-87).

Для покращення стійкості виливниць проводять модифікування чавуну спеціальними модифікаторами.

Модифікування магнієм (1,8...2 кг/т) забезпечує отримання кулястої форми графіту, підвищення стійкості виливниць масою від 4 до 9 т, у 1,6...2 рази, у порівнянні з СЧ. Але при отриманні такої ж стійкості для більш масивних виливниць застосовують Si-Mg лігатуру (витрата лігатури з 5% Mg складає 30...35 кг/т). При цьому збільшується вміст Si на 1,2...1,8%; а це, у свою чергу, сприяє зниженню ударної в'язкості і хладостійкості, також утворюється феритна структура (зменшення твердості, підвищення пластичності).

Отже використання Fe-Si; Si-Ca-Mg або Si-Mg лігатур не є доцільним: відбувається зниження стійкості виливниць (переважно середніх і масивних) та збільшення витрат Mg для послаблення графітизувального ефекту.

В умовах виробництва, на ВАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг», було проведено випробування модифікатора «SITIMAG» (ТУ У 24.6-33383126-001:2005): 15...20 % Ti; 30...35 % Si; 5...7 % Mg; 1...3 % Al; 7...8 % C; 18...23 % Br. Модифікування чавуну для виробництва виливниць проводили у розливному ковші з використанням модифікатора «SITIMAG», який у кількості 0,2 кг/т чавуну за допомогою обладнання для введення модифікатора TD-10M вдували у струмінь під час переливання чавуну із чавуновозу у розливальний ківш.

В порівнянні з немодифікованим чавуном (рис. 1,а), модифікований чавун отримувався з великою кількістю фосфідної евтектики і ледебуриту (тверда

складова) у м'якій матриці (ферит і перліт) (рис.1,б), що призвело до підвищення експлуатаційної стійкості.

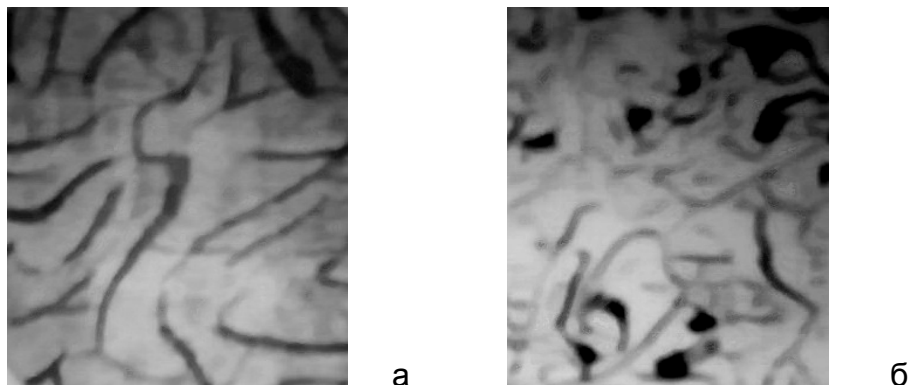


Рис.1 – Мікроструктура сірого чавуну виливниць:

а – до модифікування; б – після модифікування модифікатором «SITIMAG»

Слід відмітити, що структура чавуну виливниць після модифікування містить графітні включення пластинчастої гніздоподібної форми (ПГф 2); при цьому пластинки графіту – тонкі і короткі, мають заокруглення на кінцях, наслідком чого є зменшення внутрішніх напружень та імовірності утворення сітки розару (високий супротив температурним «стрибкам»), нормальна буферна властивість графіту.

Таким чином, в умовах ВАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» використання модифікатора «SITIMAG» призвело до покращення структури чавуну та підвищення стійкості виливниць. Також перевагою даного модифікатора є простота вводу у розплав та нетоксичність його складових.

Козачук Е.В. Гурія І.М.

(НТУУ«КПІ», Київ)

ЛИТЬЕ "ВСПЕНЕННЫХ" АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Наряду с традиционными Al-сплавами в последние годы все чаще применяют литые композиционные материалы с Al-матрицей, а для получения "губчатых" отливок используют "вспененные" Al-сплавы. Пористая структура последних является предпочтительной для изоляционных (шумопоглощающих), упаковочных и фильтрующих изделий.

Литейные процессы подразделены на две группы:

- пропитка расплавом специальных вставок с последующим удалением неметаллической составляющей;
- обработка расплава различными реагентами или продувка газом.

СУМАТ-процесс

В качестве металлической основы заготовок, получаемых этим способом, используется композиционный материал типа Al (или литейный Al-сплав)/10...20% (об.) SiC (или Al_2O_3). Композиционный материал готовится в плавильной печи непрерывного действия, из которой он подается в раздаточную печь, где и продувается газом (чаще всего, воздухом). В результате получается "вспененный" сплав, из которого получают непрерывную заготовку с относительной плотностью 2...20% ($0,05...0,55\text{г/см}^3$).

ALPORAS-процесс

Суть способа получения этого материала в том, чтобы стабилизировать образовавшиеся в расплаве газовые пузырьки.

Для этого увеличивают вязкость Al-расплава, чтобы предохранить пузырьки от всплывания, для чего используют кальций, который в количестве 1,5% вводят в расплав чистого Al имеющего температуру 680°C , и перемешивают смесь механическими мешалками. Кроме кальция, могут вводить магний и другие элементы, которые легко образуют оксиды (CaO , MgO , $CuAl_2O_4$), добавлять неметаллические частицы, используемые при создании КМ с металлической матрицей (SiC , Si_3N_4 , Al_2O_3 и др.), или доводить расплав до твердожидкого состояния непрерывным перемешиванием.

Полученный вязкий сплав заливают в литейную форму, где в него вводят (при непрерывном перемешивании мешалками) газообразующий реагент в виде порошка - 1,6% TiH_2 .

Полученный вспененный материал на основе алюминия ALPORAS используют для изготовления деталей шумопоглощающих устройств различного типа, например, ограждающих стен вдоль автомобильных магистралей. Плотность полученного "губчатого" материала $0,18...0,24\text{г/см}^3$, что в ~13 раз меньше плотности чистого алюминия ($2,73\text{г/см}^3$).

По рассмотренной технологии изготавливают и фасонные отливки, которые затем используют самостоятельно (для изготовления облегченных деталей) или в качестве армирующих вставок при изготовлении биметаллических заготовок литьем в кокиль или литьем под давлением.

FORMGRIP-процесс

Разработан для получения "губчатых" отливок из композиционного материала, в котором порошки TiH_2 (размеры частиц 30мкм) и сплава Al -12% Si (размеры частиц 150мкм) смешивают в отношении 1/4. В результате двухступенчатого нагрева при перемешивании на воздухе - 400°C (24 ч) + 500°C (1 ч) - образуются частицы TiO_2 , обволакивающие частицы порошков. Затем полученная смесь загружается в расплав, имеющий температуру ~620°C, композиционный материал типа Al-9% Si/ SiC_p . В результате образуется материал с относительно низкой пористостью: 23% при содержании в композиционном материале 10% (об.) SiC_p и 14% - при 20% (об.) SiC_p . Полученный материал загружают в графитовую форму и нагревают до жидкого состояния. Выделяющийся водород образует в получаемой заготовке поры, а заготовка полностью заполняет полость формы.

Костін Р.О., Ямшинський М.М.

(НТУУ«КПІ», Київ)

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОАБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СПЛАВІВ

У наш час досить поширеною є тенденція пошуку можливостей покращення властивостей зносостійких сплавів, які використовують для створення нових машин, механізмів і агрегатів, що здатні працювати з більш високими експлуатаційними параметрами в агресивних середовищах.

Одним з видів агресивної дії, що призводить до швидкого руйнування поверхні є гідроабразивний знос.

Такий вид зносу є основним видом для великої кількості машин та устаткування, зв'язаних з добуванням, переміщенням та переробкою абразивних матеріалів. До таких машин та устаткувань відносяться обладнання машин систем гідро-золотидалення ТЕС, а саме колеса та корпуси багерних насосів. Строк їх експлуатації визначається багатьма параметрами такими як кількістю та гранулометричним складом шлаку золи, формою часточок шлаку, зносостійкістю матеріалу, з якого їх виготовляють. Останнім часом досить суттєвою є проблема збільшення зольності палива, яке використовують на теплових електростанціях

України, що значною мірою підвищує вміст оксидів кремнію та алюмінію, а отже, і здатність шлаку більше зношувати поверхні робочих деталей багерних насосів.

На підставі аналізу в роботі були поставлені наступні задачі:

- вдосконалити методику дослідження зносостійкості марганцевих чавунів.
- дослідити вплив гідроабразивного середовища на знос виробів.

Дослідження зносостійкості сплавів у гідроабразивному середовищі проводилося на установці, яка виготовлена на базі свердлильного верстата.

Зразки розташовують і закріплюють в спеціальній касеті. На відміну від попередньої модифікації касета спроектована таким чином, що зразки максимально допустимо відтворюють роботу стінок багерного насосу в абразивному середовищі.

Як абразивний матеріал при випробуваннях використовували золу, яка є вихідним матеріалом ТЕС.

Було досліджено втрати маси зразків залежно від тривалості випробування. Для визначення залежності зразки піддавали гідроабразивній дії протягом 8 годин. Потім зразки зважували на аналітичних терезах WA-33, які дають можливість визначати масу зразків з точністю до четвертого знака. Результати та умови випробувань наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. - Знос зразків залежно від тривалості випробувань

Інд. зразка	Маса до зношування, г	Маса після зношування, г	Втрата маси при шлаку, г	Кількість обертів робочого валу, хв ⁻¹	Тривалість випробування, год.
4.1	101.0772	101.0355	0.0417	450	8
4.3	99.1550	99.1081	0.0469		
4.5	96.6035	96.5641	0.0394		
5.1	95.5929	95.5433	0.0486		
5.3	99.2143	99.1634	0.0509		
5.5	100.715	100.6613	0.0537		

Установлено, що такий режим випробувань зразків сприяє достатньо високому їх зносу на відміну від попередніх досліджень з іншою касетою, тим самим можна стверджувати, що така методика значно краще відтворює умови роботи і тим самим

дає максимально наближені дані щодо зносу матеріалу з якого виготовляють багерні насоси.

Кочешков А.С., Шульга А.С., Садакова Г.Ю.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ГІПСОВІ СУМІШІ З КОМБІНОВАНИМ ВОГНЕТРИВКИМ НАПОВНЮВАЧЕМ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТОЧНИХ ВИЛИВКІВ

Для ливарного виробництва завжди були актуальними проблеми підвищення якості виливків та зниження їх дефектів, що не лишається без уваги і на сьогоднішній день. Для отримання точних виливків із сплавів кольорових і благородних металів використовуються гіпсокремнеземисті формувальні суміші. Використання готових гіпсокремнеземистих сумішей закордонного виробництва підвищує собівартість виливків. Тому доцільною є розробка сумішей на основі вітчизняних матеріалів, які аналогічні за властивостями, широко розповсюдженні, доступні та недорогі.

Для досліджень був використаний високоміцний гіпс марки Г-10-А-III (ТУ-У-0030937.003-95), річковий кварцовий пісок марки ЗК4О103, грубе базальтове волокно, вспучений перліт, люнкеріт.

Тому метою досліджень стало: визначення впливу комбінованого наповнювача на властивості гіпсокремнеземистих формувальних сумішей. Для контролю гіпсокремнеземистих формувальних сумішей, що мають такі властивості як текучість, час тужавіння, осипаемість, міцність при стиску використовували стандартні методики.

У проведеній серії експериментів були визначені основні властивості, а також була зроблена оптимізація складу гіпсокремнеземистих формувальних сумішей з комбінованим наповнювачем.

Зокрема, на рис.1,2 наведено одночасно вплив декількох компонентів на міцність формувальної суміші через 1 годину, яка повинна забезпечити можливість транспортування ливарної форми до місця заливання її металом. Очевидно, що із збільшенням вмісту гіпсу міцність зростає. Це можна пояснити тим, що дрібнодисперсні частинки гіпсу заповнюють простір між крупнішими зернами кварцового піску та грубим базальтовим волокном, тим самим зміцнюючи форму.

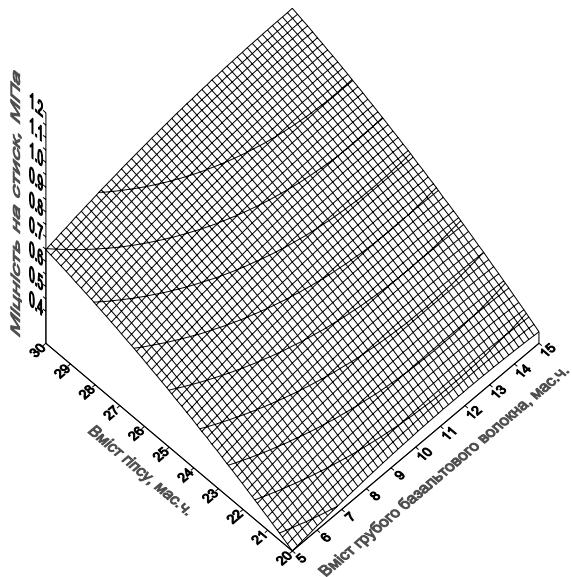


Рис. 1 Вплив вмісту гіпсу та грубого базальтового волокна на міцність формувальної суміші через 1 год.

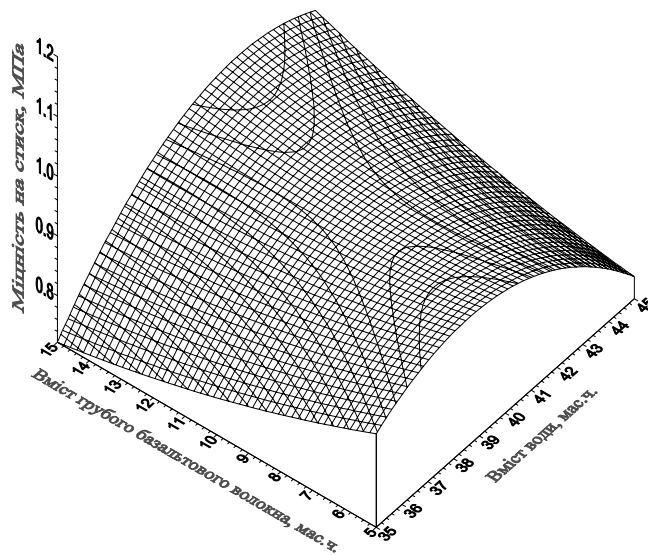


Рис. 2 Вплив вмісту грубого базальтового волокна та води на міцність формувальної суміші через 1 год.

Грубе базальтоне волокно надає міцності формувальній суміші завдяки своїм армувальним властивостям. Продовгуваті включення грубого базальтового волокна утворюють ніби каркас між іншими складовими суміші, зміцнюючи її. Міцність формувальної суміші на гіпсовій основі в значній мірі залежить від шорсткості і форми зерен наповнювача. Суміш має максимум міцності при вмісті 25...27 мас.ч. гіпсу та 10...12 мас.ч. грубого базальтового волокна і залежить від питомої поверхні наповнювача. Вміст води також має вплив на міцність формувальної суміші. Оптимальний вміст води складає 38...42 мас.ч. при вмісті базальтового волокна в кількості 10...12 мас.ч. Якщо взяти кількість води в формувальній суміші менше, ніж оптимальне значення, то після змішування вона буде густою, що створить утруднення для видалення бульбашок повітря. При надлишковому вмісті води формувальна суміш має підвищені показники текучості та неоднорідності.

Також було проведено дериватографічний аналіз компонентів суміші. При нагріванні у зразку суміші протікають різні реакції, які характеризуються екзотермічними (з виділенням тепла) чи ендотермічними (з поглинанням тепла) ефектами. Теплові ефекти, що виникають в результаті хімічних перетворень, переважно супроводжуються зміною маси речовини. На основі даного аналізу було запропоновано режими термічної обробки ливарних форм.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФОРМЫ ГРАФИТА В ВЫСОКОПРОЧНОМ ЧУГУНЕ

При классификации графитных включений (ГВ) в высокопрочном чугуне в соответствии с ГОСТ 3443- 87 исходят из сравнительной оценки реальных микроструктур с эталонными изображениями. Такой метод сопряжен с риском субъективности оценок особенно в переходных структурах между вермикулярным и шаровидным графитом. Это часто приводит к конфликтным ситуациям между поставщиком и потребителем отливок из высокопрочного чугуна вследствие неоднозначности оценки формы графита.

Наибольшее распространение в прикладном литейном металловедении нашел подход к описанию размерно-топологических характеристик структуры с использованием безразмерных факторов формы или индекса формы включений. Однако эти методы не снижают фактора субъективности при классификации ГВ.

В последние годы все большее распространение получают различные аналитические компьютеризированные комплексы, предназначенные для металлографических исследований «Квантимет-720», «Thixomet PRO» и др. Тем не менее, остается нерешенной проблема разработки более доступных - некоммерческих методов компьютерной оценки структуры металла и формы графита, как одной из определяющих характеристик эффективности всего технологического процесса производства отливок из ЧШГ.

Цель данной работы – разработка методики компьютерного анализа ГВ в высокопрочном чугуне с оценкой количественной статистически значимой взаимосвязи коэффициента формы графита с эталонными изображениями графитных структур по ГОСТ 3443-87.

Для количественной оценки различных индивидуальных и обобщенных характеристик ГВ в эталонных изображениях графитных структур по ГОСТ 3443-87 использовали компьютерную программу ImageJ (Freeware). Для загрузки в программу изображений исследуемых объектов использовали микрофотографии-эталонны из ГОСТ 3443-87 предварительно переведенные из серых полутонов в одноцветные черно-белые изображения.

Эти изображения последовательно загружали в программу ImageJ, преобразовывали в 8-битовый формат, бинаризировали и в результате получали контурные копии исходных ГВ с нумерацией для последующей идентификации их с индивидуальными количественными оценками в результирующем файле.

Фактор формы F_f отдельных ГВ и их группировок в полях оцифрованных микрофотографий, выполненных при постоянном увеличении, оценивали в полуавтоматическом режиме по формуле

$$F_f = 4\pi S/P^2$$

где S – площадь графитного включения, P – периметр включения.

Для решения вопроса о случайном или неслучайном различии средних значений $F_{f\text{ср}}$ для различных эталонов при неизвестных генеральных дисперсиях, т.е. проверку нуль-гипотезы $H_0 : F_{f\text{ср}i} = F_{f\text{ср}j}$, использовали t -отношение Стьюдента. Проверка различия средних значений фактора формы ГВ в разных эталонах микроструктуры, позволяет оценить статистическую значимость такого различия между смежными эталонами.

Средние значения фактора формы $F_{f\text{ср}}$ и дисперсии σ^2 для n включений в структуре различных эталонов приведены в таблице.

Таблица – Статистические оценки формы графита

№ структуры	Характеристики		
	n	$F_{f\text{ср}}$	σ^2
ШГф1	11	0,499	0,0741
ШГф 2	8	0,442	0,0225
ШГф 3	8	0,554	0,0167
ШГф4	16	0,725	0,0241
ШГф5	20	0,860	0,0026

Анализ различия средних значений F_f выполняли попарно для серий графитных включений, представленных на смежных микрофотографиях из ГОСТ 3443-87. При этом проверяли статистическую значимость различия средних значений $F_{f\text{ср}}$ эталонов структур графита попарно ШГф1-ШГф2, ШГф2-ШГф3, ШГф3-ШГф4 и ШГф4-ШГф5.

Расчеты с доверительной вероятностью 0,95 показали, что эталонные микроструктуры ШГф1 и ШГф2 при кажущемся визуальном различии, имеют фактически одинаковые $F_{f\text{ср}}$ и на практике не могут быть использованы для

статистически обоснованной дифференцированной оценки компактности графита в представленном диапазоне структур. Аналогичный результат получен и для пары микроструктур ШГф2-ШГф3. Для пар микроструктур ШГф3-ШГф4 и ШГф4-ШГф5 различия средних значений фактора формы оказались статистически значимыми.

Проведенный анализ статистической значимости различий между эталонными ГВ позволил найти регрессионно-корреляционную связь между фактором формы F_f и номером эталонной структуры из ГОСТ 3443-87. Наличие графической и аналитической форм такой взаимосвязи позволяет выполнять практически «прецизионное» компьютерное определение фактора формы реальных ГВ и с достаточно высокой точностью переводить их значения в эталонные оценки ГОСТ 3443-87 и, наоборот – от эталонных структур к фактору формы.

Куркострига И.А., Соценко О.В.

(НМетАУ, Днепропетровск)

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ФОРМУ ГРАФИТА В СОРТОПРОКАТНЫХ ВАЛКАХ

Целью работы было исследование возможности изготовления валков из чугуна с шаровидным графитом СШХН(М,Д) с применением шихты разного состава и соотношением компонентов: лома валков исполнения СПХН, брака валков по несоответствию ТУ формы графита в сопоставлении с валком, отлитым с использованием в шихте лома валков исполнения СШХН.

В ходе эксперимента были отлиты три валка с максимально приближенными массогабаритными параметрами и химическим составом чугуна (табл. 1), но с использованием разной шихты: валок № 1- исполнения СШХН-47 (47-55 HSD), разм. Ø580x800 мм с использованием в шихте брака валков по несоответствию формы графита в количестве 4,27 т – 85,4% от массы шихты (повышенное содержание примесей свинца и сурьмы); валок № 2 - исполнения СШХН-47 (47-55 HSD), разм. Ø580x800 мм с использованием в шихте лома валков СПХН в количестве 3,60 т – 72,1% от массы шихты (высокая расчетная сера 0,079%, исходная сера по экспресс-анализу 0,065% с десульфурацией магнием в количестве 16 кг при 13600С, после десульфурации – 0,009%); валок № 3 - исполнения СШХН-50 (50-62 HSD), разм.

Ø530x800 мм с использованием в шихте лома валков СШХН в количестве 3,23т – 64,9% от массы шихты (чистая шихта).

Таблица 1 – Химический состав и твердость опытных прокатных валков

№	Содержание элементов, %								Твёрдость, HSD		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mg	н/б	н/т	в/т
1	3,04	1,51	0,66	0,20	0,006	0,42	1,06	0,060	53	46	41
2	3,18	1,57	0,61	0,19	0,006	0,42	1,14	0,078	52	45	44
3	3,10	1,60	0,62	0,12	0,007	0,42	1,02	0,057	53	49	36

В качестве остальных компонентов металлозавалки использовались: остаток чугуна от предыдущей плавки и чушковый чугун. Отходы производства (стружка, литники, скрап) не использовались.

Температура нагрева расплава в печах – 1450-1460 °С с выдержкой перед выпуском 15-20 мин., модифицирования – 1380 °С, заливки – 1330 °С.

Для оценки влияния состава шихты на фактор формы графита F1 в зоне рабочего слоя, нижнего и верхнего трэфов валков использовали компьютерную программу ImageJ (Freeware). Фактор формы F1 отдельных графитных включений в представительном поле зрения микроскопа при постоянном увеличении оценивался по формуле:

$$F1 = 4\pi S/P^2,$$

где S – площадь графитного включения, P – периметр включения.

Средние значения фактора формы F1_{ср} и дисперсии σ² для n включений в поле зрения микроскопа приведены таблице 2.

Таблица 2 – Оценки формы графита опытных валков

№ валка	Низ бочки			Нижний трэф			Верхний трэф		
	n	F1 _{ср}	σ ²	n	F1 _{ср}	σ ²	n	F1 _{ср}	σ ²
1	13	0,75	0,013	6	0,73	0,004	3	0,61	0,025
2	15	0,69	0,015	8	0,66	0,012	9	0,66	0,013
3	15	0,76	0,005	7	0,69	0,02	4	0,38	0,04

Для решения вопроса о случайном или неслучайном различии средних значений F1_{ср} при неизвестных генеральных дисперсиях, т.е. проверку нуль-гипотезы H₀ : F1_{срi} = F1_{срj}, использовали t-отношение Стьюдента. Такая проверка

различия средних значений фактора формы графитных включений для опытных валков, отлитых с разным составом шихты, позволяет оценить статистическую значимость влияния шихты на форму графита. Расчетные и табличные значения t -отношения для доверительной вероятности 0,95 приведены в таблице 3. Отсутствие статистически значимого различия средних значений фактора формы графита в попарно выбранных для сравнения комбинациях опытных валков 1-3, 1-2, 2-3, т.е. подтверждение H_0 ($t_p < t_{0,95}$) обозначено знаком «+». Наличие такого различия, т.е. отклонение нуль-гипотезы H_0 обозначено знаком «-» только для пары валков 1-2 ($t_p > t_{0,95}$). Это различие подтверждается только для чугуна бочек и верхнего трефа. Для нижнего трефа этой пары валков различие средних значений фактора формы графита не подтвердилось.

Таблица 3 - Расчетные и табличные значения t -отношения для пар валков

№	Низ бочки				Нижний треф				Верхний треф			
	n_i-n_j	t_p	$t_{0,95}$	H_0	n_i-n_j	t_p	$t_{0,95}$	H_0	n_i-n_j	t_p	$t_{0,95}$	H_0
1-3	13-15	0,28	2,06	+	6-7	0,64	2,20	+	3-4	1,64	2,57	+
1-2	13-15	1,47	2,06	+	6-8	0,84	2,18	+	3-9	0,60	2,23	+
2-3	15-15	2,09	2,04	-	8-7	0,46	2,16	+	9-4	3,41	2,20	-

Выводы. В условиях дефицита качественных шихтовых материалов использование 85% лома бракованных валков СШХН и 70% лома валков СПХН при перегреве чугуна в печи до 1450-1460 °С обеспечивает производство валков исполнения СШХН-47 в соответствии с требованиями ТУ и с достаточно высокими значениями фактора формы графита в бочках ($F_1 = 0,70 - 0,75$) и трефах ($F_1 = 0,40 - 0,60$).

Куркострига И.А. , Соценко О.В.

(НМетАУ, Днепропетровск)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВ МЕТАЛЛА В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ

Натурное и компьютерное моделирование движения металла в форме позволяет более рационально организовать процесс заливки и эффективнее использовать вихревое движение металла. При этом можно также предупредить и

негативные последствия размывания песчано-глинистой формы нижней шейки потоком жидкого металла.

Компьютерное моделирование процесса заполнения формы нижней шейки прокатного вала выполняли с использованием программы Андреева В.А. PSYOMEGA (Freeware). Программа позволяет визуализировать гидродинамические и аэродинамические процессы течения, численно решает уравнение Навье-Стокса в терминах "функция тока - вихрь" на конечно-разностной сетке.

Расчетная область в программе представляется в виде равномерной сетки 101x101, с одинаковым шагом по x и y . Уравнение Пуассона для функции тока решается явным образом. Условия функции тока на стенках задаются перед началом вычисления, далее для нулевого условия во всех остальных точках решается уравнение Лапласа. Предполагается, что на входе поток металла имеет прямоугольный профиль скорости, следовательно, при таком профиле вихрь на входном участке будет отсутствовать. Значение функции тока на стенках выбирается просто: на одной из граничных стенок функция тока равна нулю, на других функция тока подбирается таким образом, что разница функций между двумя границами равна объемному расходу среды между ними.

Программа PSYOMEGA представлена автором исполняемым файлом Psyomega.exe и двумя текстовыми файлами Psy.reg и Om.reg, в которых описываются входные границы и стены. После завершения работы программы может присутствовать еще один файл – psyomega.res, содержащий результаты расчетов. Для качественного отображения результатов расчета и расчетных параметров необходим монитор с разрешением 1024x768.

После запуска программы открывается вкладка «Параметры». На этой вкладке расположены окна для ввода значений исходных параметров: времени интегрирования, размеров шага сетки, вязкости и плотности модельной жидкости, количества итераций для Омега и для Пси.

Время интегрирования определяет дискретизированное dt время в системе уравнений, за которое происходит переход от одного временного слоя к другому. Размер шага сетки можно принимать «очень маленьким», а затем - увеличивать. Малый размер сетки позволяет выявлять более мелкие локальные вихри. Кинематическая вязкость – параметр при диссипативном операторе, который заставляет вовлекать в движение соседние безразмерные «частицы» жидкости при одновременном «размывании» в пространстве. Кинематическая вязкость и

плотность являются свойствами среды и выбираются соответственно условиям моделирования. Количество итераций для Пси – параметр, который используется для нахождения уравнения Пуассона явным методом. Чем больше параметр, тем точнее решение, но и тем дольше вычисление.

На вкладке «Параметры» в окнах «пси-границы» задают до 10 значений границ для функции тока на стенках, имена файлов для описания границ, а также масштабирующий множитель.

Завершение ввода исходных параметров подтверждается опцией «Установки верны» и программа начинает подготовку массивов данных для расчета. После активизации вкладки «Вычисления» происходит первоначальная инициализация и открывается окно с расчетной областью. Задав необходимое количество итераций в окне редактирования, запускают программу на «Вычисление». Программа начнет отсчитывать итерации, то есть исчисление времени, в течение которого будет вестись наблюдение за изменением вихревых потоков в расчетной области вкладки «Вычисления».

Конфигурация полости литейной формы для компьютерного моделирования задается с помощью двух текстовых файлов *Psy.reg* и *Om.reg*. Это обусловлено тем, что способы вычисления границ для функций тока и вихря разные. Первый файл предназначен для определения функции тока на граничной стенке, второй файл – для вычисления вихря на границе. Поскольку расчетная область представлена 101x101 точками, то и в файле присутствует 101 строка и 101 столбец условных символов и два символа переноса и новой строки.

Для моделирования была выбрана схема литейной формы с литниковым стояком и сифонным подводом металла снизу. Входное отверстие находится сверху стояка, а выходное – в верхней части формы, имитирующее поступление металла в кокильную часть комбинированной валковой формы. Вычисления проводились с использованием граничных условий Тома первого порядка точности.

Регистрацию процесса заполнения расчетной области модельной жидкостью осуществляли путем снятия скриншотов по истечению 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 и 10000 итераций. При значении 1000 итераций наблюдается образование вихря в нижней части формы при переходе потока из узкого канала-питателя в более широкую часть формы. По истечении 2000 и 4000 наблюдается развитие главного вихря, и образование небольшого вихря в нижней части потока.

После 6000 итераций происходит соприкосновение линий потока со стенкой формы, это столкновение заполняющей жидкости со стенкой формы в данной области может привести к размыванию последней и браку отливки по засорам. При этом большая часть полости формы охвачена вихревым потоком исследуемой жидкости. В дальнейшем наблюдается равномерный подъем вихря к верху формы. После 10000 итераций происходит выход потока в кокильную часть формы.

Выводы. Компьютерное моделирование заполнения металлом полости формы нижней шейки прокатного валка позволяет принять меры по локальному упрочнению стенок формы без снижения интенсивности вихревого потока металла в процессе заливки.

Левченко Ю.Н.

(ФТИМС НАН Украины, Киев)

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ С КЕРАМИЧЕСКИМИ ВСТАВКАМИ

В последние десятилетия широкое распространение получили композиционные материалы (КМ), в частности литые (ЛКМ) [1], получаемые с помощью различных методов жидкофазного соединения металлической матрицы с высокопрочным (высокомодульным) армирующим материалом (нульмерные компоненты – от макрочастиц (шрота) до ультрадисперсного порошка), одномерные (стержни, проволока, волокна, двумерные (пластины, фольга, сетки и др.).

Применение такого рода материалов позволяет значительно снизить массу литых деталей для машиностроения, что даст возможность сократить потребление дорогостоящего сырья.

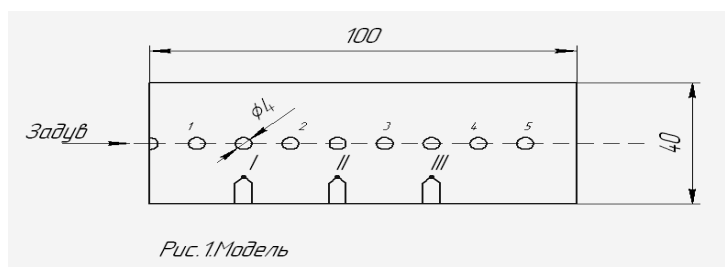
В работах [2] выдвигается ряд обобщенных требований к компонентам ЛКМ, которые следует учитывать при разработке материала, а именно: матричный сплав должен иметь высокую жидкотекучесть и низкую температуру плавления, узкий интервал кристаллизации и минимальную усадку; необходимо, чтобы расплав более легкоплавкого матричного материала смачивал поверхность армирующих элементов; материалы армирующих элементов должны быть термостабильными при температурах формирования ЛКМ; плотности материалов матрицы и армирующих элементов должны быть близки, а температуры плавления – различаться; исходные

материалы для ЛКМ подбираются таким образом, чтобы состояние межфазных границ образующейся гетерогенной структуры в изделии из ЛКМ не ухудшало их качества; взаимная растворимость компонентов должна быть минимальной.

Известно, что для ЛКМ в качестве матрицы используются сплавы на основе алюминия, магния, никеля, меди, цинка, олова, железа и тугоплавких металлов. Как армирующие элементы в ЛКМ применяют специальные углеродные и керамические добавки. К ним относят материалы графитового состава (кокс, углеграфит, электрографит, пирографит) и углеполимерного. Керамические добавки могут состоять из карбидов (карбиды кремния, бора и титана), нитридов (нитрид кремния), оксидов (оксиды алюминия, циркония, магния, кремния), из тугоплавких соединений или силикатных материалов.

Одним из наиболее перспективных методов получения литых КМ и в настоящее время остается использование метода литья по газифицируемым моделям. Этот способ литья позволяет получать отливки с дифференцированными свойствами, путем ввода армирующих элементов непосредственно в газифицируемую модель с последующим их переносом в жидкий и затвердевающий металл отливки непосредственно в литейной форме.

С учетом вышесказанного важнейшей задачей можно считать правильный подбор армирующих и матричных материалов, исследование их взаимодействия, изучение свойств полученных КМ, разработку и совершенствование технологии их изготовления.



Целью представленной работы является определение оптимальных параметров процесса получения литых конструкций низкоуглеродистой стали типа 20Л, армированных корундом и медными либо стальными прутками диаметром 4 мм (Рис. 1).

Для получения модельного образца для отработки технологии использовалась пресс-форма в виде пластины размерами 100*40*20 мм (с толщиной стенки 20 мм), изготовленная из силумина, % масс. Al: 85...90; Si: 6...8,5; Mg: 0,1...0,3; Mn: 0,3...0,5; Cu: 2,5...4; Fe: max. 0,8 и Zn: 0,1...0,3 с суммарным содержанием примесей 0,2 %.

После задува модели пенополистиролом (плотность 30 кг/м³, средний размер гранулы 0,45мм), ее помещали в автоклав и спекали по стандартному режиму. Параллельно проводилось термометрирование процесса спекания с помощью МИРТ-8, с частотой снятия показаний 1 измерение в секунду для определения изменения времени спекания модели с армированием по отношению к чисто пенополистироловой модели. При этом было известно, что необходимое время спекания пенополистироловой модели без армирующих вставок составляет 4 мин 50 с. Опытным путем было определено, что армирование, независимо от материала, увеличило время спекания в 1,3...1,5 раза. Полученные результаты были использованы для отработки технологии получения конкретных деталей в лабораторных условиях.

Левченко Ю.М., Михнян О.В.
(ФТИМС НАН України, Київ)

ОТРИМАННЯ ВОГНЕТРИВКОЇ КЕРАМІКИ З ОСОБЛИВИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЛЯ ЛИВАРНОЇ ОСНАСТКИ

Найбільш ефективними сучасними методами підвищення властивостей вогнетривкої кераміки для ливарної оснастки (тиглі, ливарні форми, стрижні) можуть стати такі способи, як введення в суміш активних добавок дисперсних порошків та армування металевими вставками. Обидва способи дають переваги в таких властивостях, як термостійкість, міцність, регульована щільність в порівнянні з властивостями вогнетривких матеріалів, які використовуються на підприємствах.

З літературних джерел відомо [1, 2, 3, 4], що для оксидної кераміки використовують модифікування так званими активними добавками. Численні роботи в цьому напрямку проведені Л.С. Бережним, П.П. Будниковим, І.С. Кайнаровським, З.В. Дегтярьовою, Р.Я. Попільським, С.Г. Тресвятським, та іншими, а також багатьма закордонними дослідниками.

Ефективність введення добавок визначається їх природою, концентрацією, характером взаємодії з основним оксидом, способом введення та рівномірністю їх розміщення. При взаємодії кераміки з добавками в системі протікають різні процеси, які покращують керамічний матеріал. При введенні добавок отримуємо кераміку з

особливими властивостями: регульованою щільністю, прозорістю, мікро- або макроструктурою, з високою міцністю та термостійкістю.

Добавки, які вводяться, в залежності від характеру взаємодій з основним оксидом, доцільно поділити на чотири групи:

- цілком розчинні в кристалічних ґратках основного оксиду;
- нерозчинні в кристалічних ґратках основного оксиду, але утворюють рідку фазу при спіканні за рахунок плавлення або за рахунок взаємодії з основним оксидом з утворенням евтектичного розплаву;
- нерозчинні в кристалічній ґратці основного оксиду і не взаємодіють з ним (інертні добавки);
- вступають у хімічну взаємодію з основним оксидом з утворенням нової хімічної сполуки.

Добавки, що відносяться до першої групи, широко застосовувані для підвищення швидкості твердофазного спікання оксидів, діють головним чином за рахунок зміни концентрацій вакансій у катіонній або іонній підґратці кристалу.

Добавки другої групи прискорюють процеси спікання в результаті інтенсифікації процесів дифузії в присутності рідкої фази.

Добавки третьої групи знижують роль поверхневих явищ і можуть сповільнювати процес спікання.

Добавки четвертої групи можуть прискорювати чи сповільнювати процес твердофазного спікання в залежності від виду новоутвореної сполуки.

У ФТІМС НАН України за участю авторів відпрацьована і перевірена в умовах виробництва оновлена технологія одержання оболонкових форм з електрокорунду, модифікованого дисперсними металевими порошками.

Дослідження дії різних типів модифікаторів на міцнісні та термомеханічні властивості кераміки дозволили вибрати оптимальні з точки зору їх впливу на збільшення температури початку деформації виробів з вогнетривів під навантаженням та зниження температури спікання.

РОЗЧИНЕННЯ ФЕРОБОРУ У ПОТОЦІ ЧАВУНУ

Виробництво виливків, що мають диференційовані властивості (градієнтне литво, індефінітний чавун, двошарові виливки) є перспективним напрямком виготовлення деталей машин та механізмів для різних галузей промисловості з огляду на їх економічну доцільність та конкурентоспроможність. Технології виробництва деталей зі спеціальними властивостями постійно удосконалюються з метою підвищення ефективності та екологічної безпеки. Одним з напрямків є виробництво зносостійких двошарових виливків шляхом оброблення вихідного чавуну у ливарній формі [1].

Метод оброблення чавуну у ливарній формі дозволяє отримувати двошарові виливки в одну стадію шляхом оброблення вихідного чавуну у ливарній формі різними присадками. Таким чином, не потрібно готувати два розплави, як це робилося раніше.

Зазвичай двошаровий виливок складається з твердої зносостійкої робочої поверхні та з міцної і пластичної серцевини.

Одним із легувальних елементів, що сприяє стабілізації карбідів у чавуні та утворенню зносостійкої структури є бор. При вмісті бору більше 0,05% він вибілює чавун і утворює боридну легкоплавку евтектику [2]. Однак відсутні відомості щодо розчинення феробору в потоці чавуну у ливарній формі. Тому є актуальним дослідження кінетики розчинення феробору у потоці чавуну.

Для проведення досліджень використовувалась технологічна проба, що забезпечує послідовне заповнення зразків.

Ефективність процесу розчинення стабілізуювальних матеріалів оцінювалась за кількістю матеріалу, що розчинився у реакційній камері та твердістю зразків.

В результаті проведених досліджень було встановлено вплив температури заливання чавуну та вмісту бору у фероборі на ефективність процесу його розчинення у потоці чавуну. Також вивчено та встановлено величину впливу площі взаємодії феробору та рідкого чавуну на кінетику розчинення останнього.

За результатами досліджень було встановлено, що використання феробору у якості легувального елемента для оброблення потоку чавуну у ливарній формі є

можливим та економічно виправдане. Це дасть можливість отримувати твердий (з високим вмістом карбідів) чавун при заливанні у форму звичайний сірий чавун. А при поєднанні феробору зі сфероїдузувальним модифікатором (наприклад ФСМг7) можливе виробництво двохарових виливків з твердою зносостійкою поверхнею та міцною та пластичною серединою. В процесі дослідження було встановлено, що: феробор марки ФБб має вищу розчинність в порівнянні з феробором марки ФБ20; ефективність розчинення феробору суттєво залежить від температури заливання чавуну, так при 1410 °С, розчинення майже не відбувається, а ефективна температура заливання складає 1450 °С.

Маковецький О.І., Гурія І.М.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ ПОРОУТВОРЮВАЧА НА ГУСТИНУ ВИЛИВКІВ З ПОРИСТОГО АЛЮМІНІЮ

Спінений алюміній належить до нового класу надлегких композиційних матеріалів з комірчастою структурою, яка забезпечує унікальну комбінацію нових фізичних та механічних властивостей, що є нехарактерним для монолітних матеріалів.

Технологія виготовлення виливків з піноалюмінію може бути використана в різних промислових галузях, зокрема в машинобудуванні. Але масштаби впровадження ливарних технологій в даний час невеликі через відсутність обґрунтованих технологічних параметрів отримання якісних виливків.

Металевий розплав може бути спінений шляхом утворення бульбашок в рідині при умові, що розплав буде мати достатню в'язкість, щоб забезпечити стабілізацію утвореної піни. Це можна зробити за допомогою додавання керамічних порошоків малої фракції або легуючих елементів в розплав, що стабілізує форму частинок.

Отримання пористих виробів шляхом замішування пороутворювача у розплавленій метал є перспективним за рахунок можливості виготовлення досить складних за формою виливків. зменшення вартості виробництва та спрощення процесу спінення.

У якості досліджуваних зразків використовувалися виливки деталі, що призначена гасити енергію удару (Рис. 1).



Рис. 1. Виливок деталі з піноалюмінію для гасіння вібрації та енергії удару.

Для дослідження було вибрано фракції: 0,2; 0,315; 0,4; та 0,63 мм. Менша фракція данного пороутворювача проблематично замішується у розплав, а більшу важко отримати.

Вплив кількості карбонату кальцію на густину виливка досліджували при постійних температурах форм 1103 К та металу 983 К. Досліди для обраних фракцій також проводили при різних кількостях пороутворювача: 1,4; 1,5; 1,6; 1,8 %.

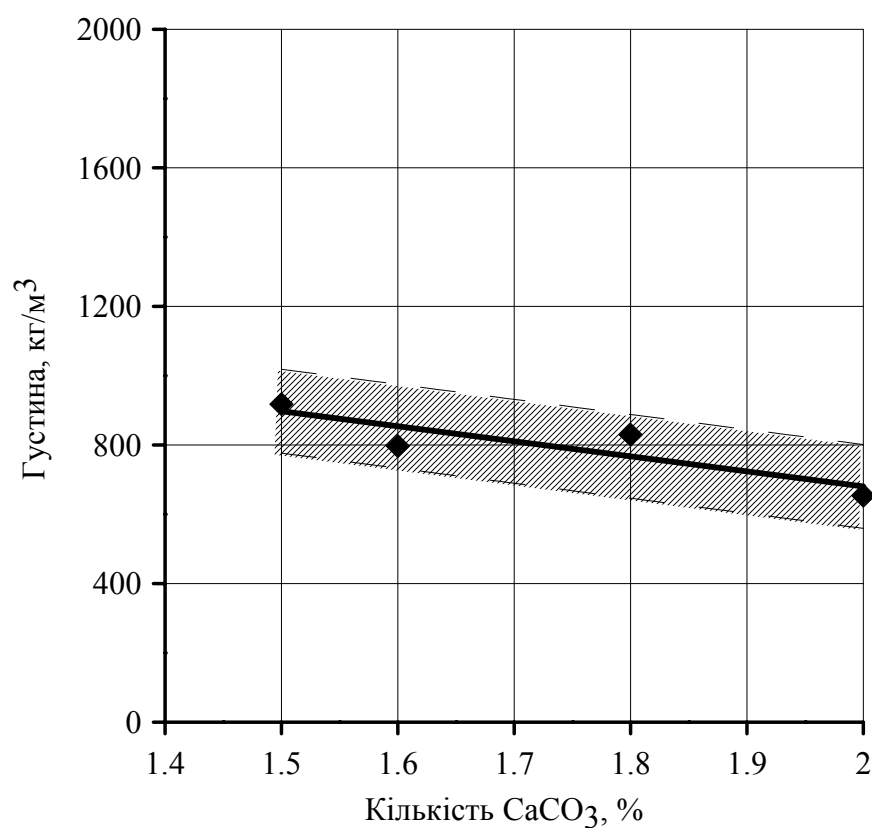


Рис. 2. – Вплив кількості карбонату кальцію на густину виливка

При дисоціації більшої кількості карбонату кальцію (CaCO_3) в розплаві виділяється більша кількість CO_2 , що в свою чергу зменшує густину сплаву (рис. 2). Дана залежність є лінійною, із збільшенням кількості карбонату кальцію густина зменшується.

Манько А.Ю.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ МЕДЬ-СТАЛЬ

В работе приведены результаты исследований макрогетерогенных антифрикционных литых композиционных материалов (ЛКМ), что представляют собой твердые высокомодульные армирующие элементы (стальные гранулы), объединенные в композитное изделие литой пластической матрицей (медные сплавы). Данный вид материалов позволяет решить ряд вопросов триботехники без использования дорогостоящих и дефицитных материалов.

Изготовление ЛКМ производится суспензионным литьем, путем заливки стальных гранул медным сплавом-матрицей, ЛКМ является макроскопическим исполнением принципа Шарпи: «Мягкая матрица с твердыми включениями».

В работе исследована зависимость триботехнических характеристик от размера армирующей составляющей. Определено что оптимальный размер стальных гранул находится в интервале 0,4-1,8 мм поскольку данный материал проявляет оптимальные свойства при нагрузках в пределах 10-20 МПа. Выявлена зависимость триботехнических свойств материала от формы армирующей фазы, в качестве экспериментальных образцов использовались матрицы, армированные круглой стальной дробью 10Х18Н9Л, колотой дробью Д4Г, а также стальной стружкой. Установлено, что наилучшими триботехническими свойствами и механическими характеристиками обладает ЛКМ армированный колотой стальной дробью.

Полученный в путем трибоиспытаний результат однозначно свидетельствует о существенных преимуществах макрогетерогенных ЛКМ медь-сталь по сравнению с антифрикционной бронзой марки БрО8С12. Причем, при применении ЛКМ, потери от

изнашивания образцов примерно на 30% ниже, а ролика (вала) контртела в некоторых случаях в 3-5 раз ниже.

Міхневич Є.І.

(НТУУ «КПІ», Київ)

КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВУГЛЕЦЮ ТА ТИТАНУ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЖАРОСТІЙКИХ ХРОМОАЛЮМІНІЄВИХ СТАЛЕЙ

Жаростійкі сплави, які використовують в промисловості, містять у своєму складі нікель, кобальт, молібден, вольфрам та інші дефіцитні і дорогі елементи. Для виплавлення цих сплавів необхідно використовувати шихтові матеріали підвищеної чистоти, а це значною мірою відбивається як на собівартості литих деталей, так і на технології їх виготовлення.

Кращим варіантом є використання у промисловості жаростійких сплавів на основі заліза, легованих недорогими і недефіцитними елементами.

Жаростійкі сплави мають недоліки – схильність до росту зерна в процесі експлуатації, окрихчування при нагріванні вище 800...850°C і незворотня зміна розмірів виробів і їх геометрії внаслідок дії на метал зовнішніх факторів.

Для покращання ливарних та механічних властивостей високолегованих сталей проводиться їх додаткове оброблення титаном, молібденом, ванадієм тощо. Серед названих елементів найдешевшим є титан, який вводять у сталь у вигляді феротитану.

Оскільки титан є активним карбідоутворювальним елементом, теоретичний і практичний інтерес представляє визначення оптимального співвідношення в хромоалюмінієвих сталях вуглецю і титану з метою підвищення характеристик міцності при збереженні ливарних та експлуатаційних властивостей. Точне визначення співвідношення вуглецю та титану дає можливість виготовити великогабаритні литі деталі складної геометрії з товщинами стінок до 15 мм.

Встановлено, що практична рідкотекучість хромоалюмінієвих сталей підвищується при вмісті вуглецю до 0,4% внаслідок підвищення інтервалу кристалізації, додавання 0,35% титану також підвищує рідкотекучість, але подальше підвищення його вмісту призводить до її зниження через утворення великої кількості оксидних плівок. Лінійна усадка зменшується з підвищенням вмісту вуглецю,

додавання титану дещо збільшує лінійну усадку: у низьковуглецевих сталях максимальне значення усадки досягається при 0,35% Ti, середньовуглецевих – 0,25% Ti, високовуглецевих – 0,15% Ti. Вуглець зменшує тріщиностійкість хромоалюмінієвих сталей через подрібнення первинного зерна, але додавання титану (у низьковуглецеві сталі – до 0,35%, у середньовуглецеві – до 0,25% та високовуглецеві – до 0,15%) знижує тріщиностійкість сталей через збільшення лінійної усадки. Підвищення вмісту вуглецю сприяє підвищенню міцності сталей, максимальне значення тимчасового опору розриванню спостерігається при вмісті вуглецю близько 0,4%, подальше підвищення вмісту вуглецю знижує міцність внаслідок нерівномірного розташування карбідів. Зміна вмісту вуглецю в хромоалюмінієвій сталі від 0,08% до 0,8% сприяє зростанню мікротвердості на 20...25%, а зміна вмісту титану до 1,4% – на 30...35%.

На підставі аналізу результатів досліджень щодо впливу вмісту вуглецю та титану на технологічні властивості хромоалюмінієвої сталі встановлено, що найкращий комплекс ливарних та механічних характеристик має середньовуглецева сталь з вмістом 0,30...0,40% вуглецю та 0,3...0,6% титану. Проте ці межі необхідно корегувати залежно від технологічних особливостей литої деталі та умов її експлуатації.

Одним із перспективних технологічних заходів для покращання властивостей сплавів на основі заліза, в тому числі і хромоалюмінієвих сталей, є додаткова обробка розплаву перед заливанням рідкісноземельними металами (РЗМ).

Встановлено, що присадка до 0,3% РЗМ у хромоалюмінієву сталь підвищує її рідкотекучість внаслідок дегазації та десульфурації розплаву. Крім того, РЗМ змінюють мінералогічний склад, розміри та щільність неметалевих вкраплин, при цьому переводять їх із гострокутної форми в глобулярну. Присадка понад 0,15% РЗМ позитивно впливає на лінійну усадку і тріщиностійкість. Оскільки оксиди РЗМ мають температуру плавлення вище 2300°C, вони можуть бути додатковими центрами кристалізації і подрібнювати первинне зерно, внаслідок чого покращуються механічні властивості як при температурах вірогідного утворення тріщин, так і при кімнатних температурах. При збільшенні присадки РЗМ більше 0,3% зменшується міцність хромоалюмінієвої сталі через збільшення кількості неметалевих вкраплин і появи крихких інтерметалевих сполук.

Нагорна О.О.
(НТУУ «КПІ», Київ)

ВПЛИВ МГД–ОБРОБЛЕННЯ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЛИТИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ

Литі композиційні матеріали (ЛКМ) на базі металевих матриць - новий клас гетерофазних конструкційних матеріалів для об'єктів сучасної техніки.

Основною проблемою при отриманні якісних ЛКМ є нерівномірне розподілення армуючої фази в гетерофазному розплаві, малий ступінь засвоєння дисперсних часток в композиційному матеріалі та наявність дефектів.

Для замісу твердих часток армуючої фази в розплав і його гомогенізації використовуються різні фізичні методи впливу на розплав і частки: чисто механічна дія, вплив ультразвуком і магнітним полем, відцентровою силою і т.д.

Метою дослідження є вивчення впливу МГД – оброблення на структуру та властивості ЛКМ на основі алюмінієвих сплавів.

Вплив магнітного поля, в залежності від вибраної технології, може бути змінним або постійним. Тому в дослідженнях створювали як змінне так і постійне магнітні поля.

При дослідженні МГД – оброблення із створеним змінним магнітним полем в якості матричного сплаву використовували силумін марки АК7 (ДСТУ 2839-94, ГОСТ 1583-93) і, армуюча фаза - порошок карбіду кремнію чорного зернистістю Р 120 (ISO 8486-86 і ГОСТ 3647). В ході дослідження було випробувано декілька варіантів введення часток армуючої фази в рідкий розплав.

Результати досліджень показали, що найкращі показники засвоєння армуючої фази в розплаві, отримані при введенні їх у вигляді наперед приготованого литого напівфабрикату композиційного матеріалу (АК7 +16%SiC); якість отриманого матеріалу відповідає необхідним вимогам; зносостійкість - вище, ніж в матричного сплаву в 1,4 рази; комплексне оброблення розплаву підвищує зносостійкість матеріалу.

При дослідженні впливу постійного магнітного поля на тверднучі розплави, була розроблена принципова схема експериментального устаткування на базі електромагніту. Постійні магнітні поля починають впливати на структуру тверднучих

сплавів вже при малих значеннях індукції, тому дослідження були проведені в діапазоні 0 – 1,0 Тл.

Для приготування сплавів використовували сплав марки АЛ – 25. В якості армуючих елементів – залізний порошок фракції менше 20 мкм та порошок карбонільного заліза фракції 250 – 500 мкм.

В результаті досліджень з'ясовано, що дія магнітного поля на розплави складу АЛ25-залізний порошок, виражалася в тому, що армуючі елементи в твердіючому розплаві розподілялися вздовж ліній діючого постійного магнітного поля, утворюючи смуги в матричному розплаві, що є небажаним в композиційних матеріалах. В зразках, які не піддавалися дії магнітного поля, армуюча фаза розподілялася в вигляді неупорядкованого скупчення часток.

При дослідженні ЛКМ системи Al-карбонільне залізо, з'ясовано, що дія постійного магнітного поля на розплави, що кристалізуються сприяє збільшенню кількості і розмірів утворених інтерметалідів FeAl₃, що найбільш виявляється при індукції 0,1 – 0,5 Тл. Включення FeAl₃, що утворилися в сплавах під впливом магнітного поля, по твердості в 17 разів перевищували мікротвердість евтектики (Al+FeAl₃). Оброблення сплавів полем сприяла підвищенню їх зносостійкості.

Відзначено, що застосування магнітного поля дозволяє отримувати ЛКМ з поліпшеними мікроструктурними характеристиками. Оброблення в магнітному полі не обмежується одним тільки перемішуванням розплаву, магнітне поле змінює стан і фізико-хімічні властивості поверхонь розподілу в гетерофазних розплавах, активізує центри кристалізації, поліпшує змочування твердих армуючих часток рідким металом, стимулює масопереніс, утворення інтерметалідів. При цьому підвищується однорідність, дисперсність, запобігається сегрегація включень. Дослідження трибологічних властивостей ЛКМ показало, значне покращення мікротвердості та зносостійкості матеріалів.

Нещадим В.Н.

(НТУУ “КПИ”, Київ)

ВЛИЯНИЕ КРИЗИСА НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ УКРАИНЫ

Исторически сложилось так, что основой хозяйственного комплекса Украины является тяжелая промышленность, при этом доминирующей отраслью выступает

черная металлургия. В последние годы, отмеченные благоприятной ценовой конъюнктурой, украинские металлурги продолжали наращивать производство. Приоритетом были объемы, а не сокращение производственных затрат. Ориентация на краткосрочные прибыли стала бичом отрасли.

Нынешний кризис не похож на те, которые мировой рынок уже пережил в предыдущие годы. Спрос на металлопродукцию в мире остается высоким, он обусловлен темпами роста экономик развивающихся стран (в первую очередь Бразилии, России, Индии и Китая). Однако этот спрос неплатежеспособен по причине ужесточения кредитной политики банков из-за дефицита ликвидности. Кризис коснулся каждой из стран, являющихся основными производителями стали в мире. Например, по данным «Укрпромвнешэкспертизы», снижение производства в Соединенных Штатах за этот период (в сравнении с усредненным уровнем выпуска продукции за восемь месяцев 2008-го) составило 9,4%, Китае — 9%, ЕС — 2,5%, России — 3%, Турции — 1,5%.

Производственные потери наших металлургов по итогам девяти месяцев 2009 года составляют примерно 30%. Такая разница в абсолютных значениях производственных потерь говорит о том, что в этом виновен не столько кризис, сколько внутренние проблемы металлургического комплекса Украины, а именно: структура сталеплавильного производства является самой несовершенной и технологически отсталой; износ основных производственных фондов превышает 65%; неэффективное использование топливно-энергетических ресурсов; доля экспорта металлопродукции составляет около 80% от общего производства, хотя товарная структура экспорта остается неудовлетворительной, с доминированием полуфабрикатов и заготовки (около 40%).

В том, что металлургия Украины оказалась в таком плачевном состоянии виноват не кризис, а отсутствие системной государственной политики, которая бы заставляла решать перечисленные выше проблемы в интересах страны, а не только собственников предприятий.

Очевидно, что докризисные темпы роста и объемы инвестиций были явно недостаточными по сравнению с теми объемами средств, которые украинские компании смогли получить благодаря действию налоговых льгот и экономии на цене приобретенных активов.

В 2008 г. металлургические предприятия Украины планировали увеличить капитальные инвестиции до 13 млрд. грн., или около \$2,5 млрд. при курсе на уровне

5 грн. за доллар. В реальности же объем инвестиций составил 8,6 млрд., не дотянув даже до уровня предыдущего, 2007 года. С октября практически все крупные мероприятия были заморожены, за исключением текущих ремонтов и проектов по запуску пылеугольного вдувания, благодаря которому можно оперативно достигнуть экономии природного газа.

Отрасли так и не удалось ни преодолеть существенное технологическое отставание от мирового уровня черной металлургии, ни диверсифицировать производство и сформировать достаточный рынок сбыта металлопродукции Украинские предприятия ГМК нуждаются в ускоренной модернизации. Компании ни в коем случае не должны приостанавливать реализации инвестиционных проектов, направленных на снижение затратности производства, даже несмотря на проблемы с финансами. По прогнозам Министерства промышленной политики, всего в отечественный ГМК до 2012 года необходимо инвестировать около 74 млрд гривен.

Посыпайко И.Ю., Соценко О.В.

(НМетАУ, Днепропетровск)

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ДЕТАЛИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ

Одним из направлений в обеспечении абразивной износостойкости промышленных смесителей является литье деталей или накладок к ним из легированных сплавов и отбеленного чугуна.

Высокохромистые чугуны с добавкой других легирующих элементов успешно применяются для изготовления деталей или их армирующих элементов, накладок на лопасти смесителей, элементов конструкции багерных насосов и др., что обеспечивает их высокую износостойкость и долговечность. Такие сплавы могут одновременно иметь повышенную прочность, пластичность и износостойкость; характеризуются высокой степенью однородности структуры; хорошо сваривается со сталью обычными электродами. Исследования по оценке влияния технологических особенностей литья на качество деталей из высокохромистых чугунов показали возможность в ряде случаев отказаться от использования таких дорогостоящих легирующих элементов как никель.

Известные исследования влияния карбидообразующих элементов на физико-механические свойства и износостойкость низкоуглеродистого хромистого (6% Cr)

белого чугуна показали, что твердость и износостойкость его в литом состоянии увеличивается при дополнительном легировании Mo до 3% и W до 10%. При легировании Mn до 5% твердость и износостойкость также возрастают. Максимальной твердости и износостойкости хромистого чугуна достигали при 1...2% Mn, 2,5 % W, 0,5 1% Mo, 1...2% V.

Проведенный анализ состояния вопроса свидетельствует о том, что универсальных решений повышения абразивной износостойкости до настоящего времени не найдено. Это касается как рациональных способов защиты рабочих поверхностей накладной арматуры (плит), так и выбора состава материалов и сплавов при реализации того или иного решения для конкретных условий или агрегатов.

В работе предпринята попытка дать анализ условий работы конкретного промышленного смесителя, оценить реальную износостойкость его деталей в эксплуатации, а также рассмотреть возможные пути решения проблемы.

В качестве промышленного объекта для анализа был выбран бетоносмесительный комплекс КР-0110 производства ООО Завод «Строммаш» (Украина, г. Чебоксары). Комплекс предназначен преимущественно для приготовления бетонных смесей. Его основные характеристики: объем по загрузке 650 л; производительность 10 м³/час; частота вращения смесительного вала 35,5 об/мин.

Комплекс использовали для смешивания компонентов шихты и последующего брикетирования металлоотходов в брикеты 100x100x100 мм. В составе шихты использовали 70% прокатной окалины, остальное (18...20%) - металлосодержащие отходы крупностью не более 10 мм, колошниковая пыль, шламы металлургического производства, пыль очистительных устройств металлургических агрегатов. В качестве связующего применяли цемент, известковую пыль и ускорители твердения для бетонных растворов (10...12%).

Лопать смесителя изготавливается из листового проката и состоит из двух наложенных одна на другую пластин из стали 30ХГСА толщиной 10 мм каждая. На лопасть наваривается износостойкая проволока – термонит. Опыт эксплуатации показал, что при наплавлении на лопасти износостойкого сплава происходит их коробление, и возникают отклонения от геометрических размеров. Это приводит к усложнению процесса монтажа лопастей на смеситель, а так как установка лопастей осуществляется, как правило, в аварийных ситуациях и при отсутствии

запасных частей, это составляет значительную проблему. Установлено, что эксплуатационная стойкость наваренных лопастей в период интенсивной работы оборудования не превышает 2...3 недели. Износ лопастей в разных участках составляет 3...8 мм.

Анализ условий работы комплекса и конструктивных особенностей смесителя показал, что в качестве альтернативы наплавке лопастей смесителя электродами может быть реализован вариант их защиты от абразивного износа в виде фрагментированных накладных плит. Подобные решения реализует ряд западноевропейских специализированных фирм.

Выбор рационального сплава для литья подобных накладных плит на основании проведенного обзора литературных источников может быть сделан в пользу высокохромистых чугунов. Тем не менее, в специальной литературе по проблеме недостаточно внимания уделяется белым или отбеленным чугунам бейнитного класса на основе никеля и марганца или их сочетаний.

В порядке поиска рационального сплава для накладных плит были исследованы образцы магниевого высокопрочного чугуна, отлитые в массивный кокиль. Химический состав чугуна опытных образцов находился в пределах: 3,20-3,30 % C; 0,6-1,0% Si; 0,35-0,40% Mn; 0,5-0,6% P; 0,01-0,02% S; 0,15-0,16% Cr; 3,70-4,80% Ni; 0,40-0,65% Mo; 0,17-0,18% Nb; 0,06-0,7% Mg; 0,01-0,02% Ce. Образцы с содержанием 3,70% Ni имели цементито-бейнитную структуру в рабочей зоне плиты, а с удалением от этой зоны преобладал верхний бейнит. В образцах с содержанием 4,80% Ni и повышенным содержанием Mo в соответствующих зонах структура была преимущественно цементито-бейнитная с преобладанием нижнего бейнита и мартенсита.

Твердость чугуна на расстоянии 5 мм от рабочей поверхности плиты составляла 78-80 HSh. Характер микроструктуры опытных образцов и твердость их рабочего слоя вполне соответствуют таким же характеристикам высокохромистых сплавов, обзор которых приведен выше.

Выводы. Проведено исследование опытных образцов накладных абразивозащитных плит из никелево-молибденового чугуна для лопастей промышленного смесителя. По типу микроструктуры, уровню твердости и абразивостойкости Ni-Mo чугун может конкурировать с высокохромистыми чугунами.

Радченко К.С., Ямшинський М.М.

(НТУУ „КПІ”, Київ)

ПІДВИЩЕННЯ ГІДРОАБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВИСОКОЛЕГОВАНОГО БІЛОГО ЧАВУНУ

Для виготовлення литих деталей, що працюють в умовах абразивного зносу, широко використовують високолеговані білі чавуни. Дані сплави застосовують у теплоенергетиці, гірничодобувній, гірничоперероблювальній, хімічній, сільськогосподарській галузях тощо.

Більшість абразивно- та гідроабразивностійких сплавів мають в своєму складі значну кількість дорогих елементів (Ni, Mo, Cu). І хоч у світовій практиці накопичений значний досвід використання економнолегованих високохромистих і хромомарганцевих чавунів, залишається багато невирішених проблем для цих сплавів: відносно невисокі зносостійкість і механічні властивості, низька тріщиностійкість тощо. Тому додаткові дослідження процесів легування, мікролегування, модифікування, термічного оброблення тощо з метою підвищення експлуатаційних характеристик сплавів є завданням досить актуальним.

Збільшення концентрації хрому до 21,1% суттєво покращує експлуатаційні властивості марганцевого чавуну (4,0...5,0%), оскільки із збільшенням вмісту хрому помітно зростає кількість карбідів, які сприяють підвищенню твердості сплаву.

Марганець в високохромистому чавуні сприяє стабілізації аустеніту, тому з підвищенням його вмісту твердість сплаву знижується, а зносостійкість при цьому зменшується, і при вмісті марганцю біля 9% вона стає меншою, ніж сплаву 280X28H2.

Таким чином, для досягнення високої зносостійкості необхідно знати оптимальне співвідношення хрому та марганцю – основних легуючих елементів зносостійкого чавуну. Найкращі експлуатаційні характеристики зафіксовані у чавунів, що вміщують від 18 до 21% хрому та від 3,5 до 4,5% марганцю.

Нікель зменшує зносостійкість сплаву, хоч і підвищує його твердість. Таким чином, з точки зору зносостійкості, нікель не може бути використаний як елемент, що здатний покращити цю експлуатаційну характеристику. Його доцільно вводити тільки разом з марганцем і титаном для підвищення пластичних властивостей зносостійких сплавів, які працюють при ударних навантаженнях. Кількість нікелю повинна визначатися для кожної конкретної литої деталі, виходячи з умов її експлуатації. Для

виготовлення литих деталей багерних насосів вміст нікелю в сплаві може знаходитись на рівні 0,3...1,0%.

Для мікролегування вибрані титан, ванадій і сурма, а для модифікування – бор.

Титан має більшу спорідненість до вуглецю, ніж залізо. Тому під час кристалізації залізовуглецевих сплавів, які мають у своєму складі титан, він виокремлюється, перш за все, у вигляді карбідів або карбонітрідів, якщо в сплаві присутній азот. Підвищення концентрації титану до 0,5% сприяє збільшенню твердості сплаву та зносостійкості чавуну, що пояснюється наведеними вище особливостями цього елемента.

Добавки до 0,3% ванадію, внаслідок його мікролегувальної та розкиснювальної дії, знижують зносостійкість та твердість сплаву. Збільшення вмісту ванадію в чавуні до 1% підвищує зносостійкість, твердість та мікротвердість сплаву, оскільки збільшується кількість карбідів ванадію.

Невеликі присадки сурми (0,15%) у хромомарганцевий чавун сприяють підвищенню твердості та зносостійкості сплаву. Це пояснюється тим, що сурма впливає не тільки на евтектичне перетворення, але і на кристалізацію аустеніту.

Додаткове оброблення чавуну бором суттєво підвищує зносостійкість і твердість металу. Бор здійснює сильний вплив на процеси кристалізації чавуну як поверхнево-активний елемент, змінює стан меж зерен, подрібнює їх і додатково розкиснює метал, що позитивно впливає на його експлуатаційні властивості. Бор також зменшує розміри евтектичних колоній та усуває транскристалізацію в білих чавунах. Мікролегування чавуну бором покращує його технологічні та експлуатаційні властивості. Проте за результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що до оброблення чавуну бором треба підходити досить обережно, оскільки вже при вмісті 0,03% бору чавун має крихкий злам при кімнатній температурі, а його зносостійкість практично залишається без змін.

Самарай В.П.
(НТУУ "КПИ", Киев)

ДИАГНОСТИКА ПЛОТНОСТИ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Для анализа процесса уплотнения, оценки взаимодействия элементарных объемов литейной формы (ЛФ) как системы в целом и экспресс-контроля качества ЛФ с целью предотвращения или минимизации возможных дефектов отливок в производственном процессе литья могут быть использованы, с одной стороны, показатели, характеризующие свойства отдельных областей объекта диагностирования (ОД) – ЛФ (верхних и нижних слоев, граничных зон), а, с другой стороны, данные процента брака по разным видам дефектов отливок. Из всех возможных критериев и показателей теории диагностики (надежность, контролепригодность и т.д.) наиболее адекватным и подходящим представляется коэффициент готовности K_g , который может быть определен, как вероятность нахождения ЛФ как ОД в работоспособном состоянии, т.е. в состоянии, гарантирующем минимальную дефектность ЛФ и отливок. На качество отливок влияет множество факторов, поэтому для построения эффективной системы регулирования или управления качеством большое значение приобретает правильный выбор технологических параметров, оказывающих наибольшее влияние на качество литья. Таким образом, удовлетворительное значение K_g может обеспечивать определенная оптимальная совокупность значений плотности формовочной смеси (ФС) в разных зонах ЛФ, а результатом неоптимального и некачественного уплотнения являются дефектные состояния отливок, зная и учитывая которые, в свою очередь, можно организовать обратную диагностику полуформ и стержней, т.е. определение качественного их состояния, а именно оптимальности, степени и равномерности их уплотнения.

Анализ всех производственных результатов и ситуаций, различных чрезвычайных случаев и обстоятельств, технологических режимов, фиксация, сравнение и соотнесение между собой совокупности разных видов дефектов, в т.ч. для конкретных видов отливок, с одной стороны, и технологических показателей, с другой стороны, позволяет:

- создать систему диагностики качества уплотнения ЛФ;
- наполнять базу данных различных производственных ситуаций;

- опытным путем однозначно описать и связать между собой неприемлемые (или приемлемые) результаты качества отливок, с одной стороны, и неудовлетворительные (или удовлетворительные) показатели степени и равномерности уплотнения ЛФ в разных ее зонах;

- с целью непрерывного корректирования по принципу обратной связи с определенным временным интервалом оценивать качество уплотнения ЛФ в разных ее зонах посредством расчета, анализа и оценки совокупной дефектности отливок по разным видам брака и дефектов.

Именно результаты такой диагностики позволяют определить “слабые звенья” процесса уплотнения на формовочном и стержневом участках в режиме реального времени наряду (или как альтернатива) с периодическим контролем реальной плотности ФС в разных зонах формы (что является сложным и практически вообще никогда не применяется на производстве) и выявить:

- неправильно работающее оборудование;
- нарушения технологической дисциплины;
- несовершенство технологического процесса;
- неправильность или несовершенство результатов моделирования уплотнения ЛФ при подготовке и контроле производства.

Селиверстов В.Ю., Куц П.Д.

(НМетАУ, Днепропетровск)

ВЛИЯНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ Р18Л, ЗАТВЕРДЕВАЮЩЕЙ В ФОРМЕ ЛВМ.

Известно, что при использовании активных методов управления структурообразованием литого металла удается значительно снизить брак отливок и повысить механические свойства металла. К числу таких методов можно отнести воздействие давлением на кристаллизующийся в форме расплав: литье под газовым, механическим или комбинированным давлением. При этом опубликовано значительное количество данных о возможностях и перспективах применения, в частности, низких (до 0,5 МПа) и средних (0,6-20 МПа) давлений при кристаллизации расплавов для улучшения качества литых заготовок. Отмечается перспективность использования повышенных давлений при кристаллизации для обеспечения высоких

и стабильных свойств металла заготовок для деталей ответственного назначения, получаемых в том числе, в формах литья по выплавляемым моделям.

На кафедре литейного производства Национальной металлургической академии Украины разработана технология газодинамического воздействия на затвердевающий в литейной форме расплав. Отличительной особенностью данной технологии является возможность передачи газового давления непосредственно жидкой фазе до момента полного затвердевания отливки после герметизации системы отливка-устройство для ввода газа за счет формирования слоя затвердевшего металла соответствующей толщины на поверхности отливки.

Технология литья и установка для осуществления газодинамического воздействия на затвердевающий металл в керамической форме ЛВМ была опробована при отливке цилиндрических заготовок из стали Р18Л для изготовления режущего инструмента. Диаметр отливки – 25 мм, высота – 200 мм.

Газодинамическое воздействие после ввода устройства для подачи газа в расплав через литниковую воронку в верхнюю часть стояка; затем после выдержки для герметизации системы отливка – устройство подачи газа в систему подавали газ (аргон) под нарастающим давлением 0,1 – 3 МПа с использованием разработанной установки (рис.). Для исследования механических свойств металла из отливок вырезали цилиндрические образцы: полученные с применением газодинамического воздействия – №№ 1, 2, 3; полученные по традиционной технологии – №№ 4, 5, 6. Пропорционально цилиндрические образцы для механических испытаний изготавливали по типу III (ГОСТ 1497-84). Твердость после закалки и отпуска определяли по ГОСТ 9013-59 на образцах, отобранных для механических испытаний. Закалку производили в соляной высокотемпературной ванне при температуре $1260 \pm 3^\circ\text{C}$ 1,5 мин. с предварительным подогревом при $850 \pm 3^\circ\text{C}$ 5–6 мин в низкотемпературной соляной ванне. Охлаждение образцов после закалки производили в масле. Отпуск образцов производили при температуре 560°C с выдержкой 1 час и охлаждением на воздухе.

В ходе проведенной работы было установлено позитивное влияние применения газодинамического воздействия на структуру и свойства быстрорежущей стали. В таблице приведены результаты исследований механических свойств литого металла, полученного с применением газодинамического воздействия в процессе затвердевания (образцы №№ 1, 2, 3), а

также металла, полученного по традиционной технологии ЛВМ после термообработки (закалка + отпуск) – образцы №№ 4, 5, 6.

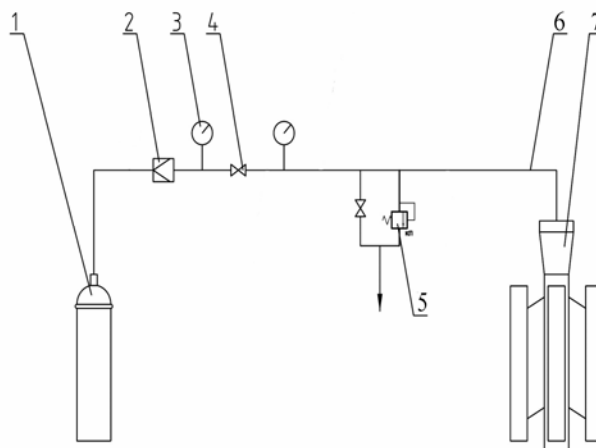


Рис.1 Схема устройства для осуществления газодинамического воздействия на расплав в форме ЛВМ:

1 – баллон с аргоном, 2 – редуктор, 3 – манометр, 4 – вентиль, 5- перепускной клапан, 6 – трубопровод, 7 – литейная форма.

Таблица 1 – Механические свойства стали

№ образца	σ_{σ} , кг/мм ²	HRC	δ , %
1	172,2	62	3,55
2	171,8	61	3,75
3	172,1	61	3,73
4	138,7	53	2,57
5	137,5	52	2,59
6	137,3	52	2,57

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА РАСПЛАВ В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ

Разработанная технология газодинамического воздействия на расплав в литейной форме позволяет создавать регулируемое газовое давление внутри затвердевающей отливки при условии обеспечения герметичности системы отливка-устройство для ввода газа, а также соответствия динамики нарастания давления динамике роста прочностных свойств корки затвердевающего металла. На рис.1 представлена схема, иллюстрирующая этапы реализации методики расчета основных параметров технологии газодинамического воздействия.

Подготовительный этап состоит в определении кинетики затвердевания отливки $X(\tau)$ и изменения температуры ее поверхности T_K .

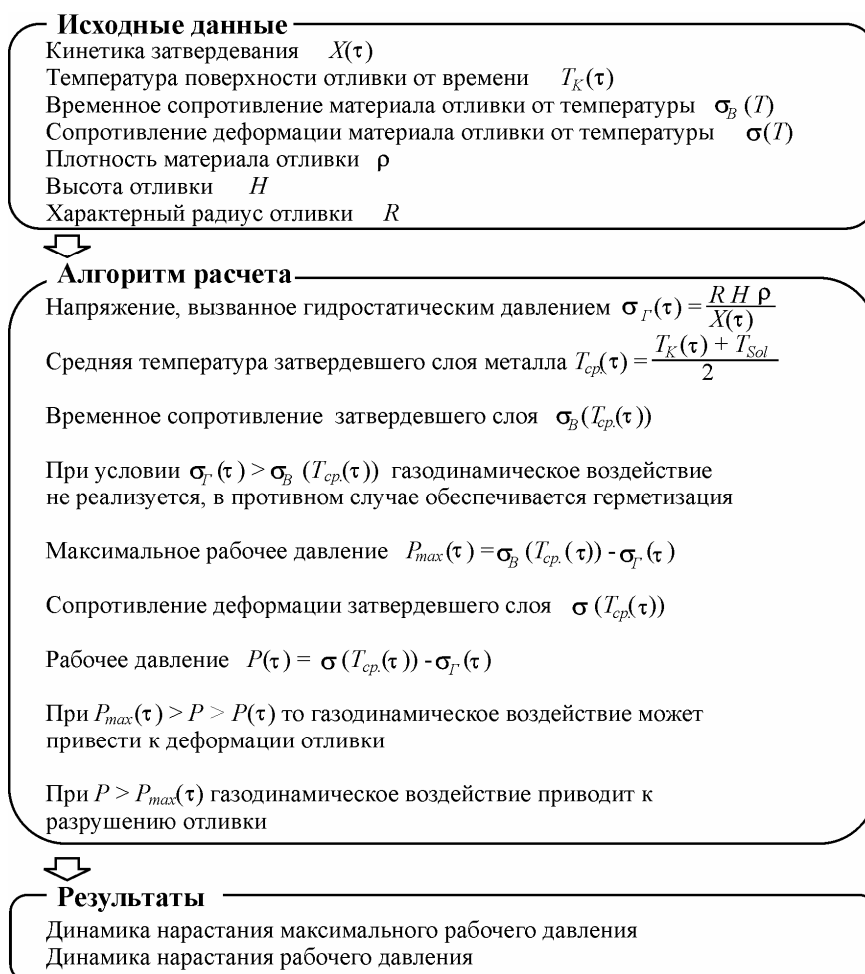


Рис.1 – Методика расчета основных параметров технологии газодинамического воздействия

В качестве исходных данных выступают зависимости от температуры временного сопротивления σ_B и сопротивления деформации σ , а также плотность материала отливки ρ и ее геометрические характеристики (высота H и характерный радиус R).

На следующем этапе (алгоритм расчета) вычисляются такие параметры газодинамического воздействия на расплав в литейной форме как динамика нарастания максимального рабочего давления $P_{\max}(\tau)$ и динамика нарастания рабочего давления $P(\tau)$. Для учета растягивающих напряжений, возникающих в слое затвердевшего металла отливки под влиянием гидростатического напора, проводили расчет их значений в соответствии с кинетикой затвердевания отливки. Отход корки от поверхности формы осуществляется благодаря термической усадке твердого металла. В первый момент затвердения твердая корка плотно прилегает к поверхности формы и, практически, имеет температуру кристаллизации, близкую к температуре «солидус». По мере роста корки увеличивается перепад температур по сечению затвердевшего слоя. В свою очередь, величины σ_B и σ существенно изменяется в зависимости от температуры металла. Поэтому, в качестве отмеченной температуры для расчетов избрали среднюю температуру растущего затвердевшего слоя соответствующей толщины.

Затем рассчитывали динамику изменения максимально возможного давления в системе отливка-устройство для ввода газа, основываясь на значениях временного сопротивления материала отливки (σ_B) при средней температуре образующегося затвердевшего слоя. Для реализации варианта технологии, предусматривающего минимальную деформацию металла отливки, затвердевающего под регулируемым газовым давлением, расчет динамики его увеличения проводили основываясь на значениях сопротивления деформации металла (σ) при средней температуре образующегося затвердевшего слоя. Далее величину и динамику изменения рабочего давления рассчитывали как разность значений сопротивления деформации и величины растягивающих напряжений в затвердевшем слое металла, возникающих вследствие гидростатического давления. Расчет параметров ведется последовательно для всех рассматриваемых моментов времени в соответствии с определенной кинетикой затвердевания отливки. При этом количество итераций ограничивается количеством точек, определяющих кинетику затвердевания. Результатом отдельной итерации является набор значений

вышеописанных параметров, объединенных в последствии в массив данных, соответствующий динамике нарастания максимального рабочего давления $P_{\max}(\tau)$ и динамике нарастания рабочего давления $P(\tau)$ в системе отливка-устройство для ввода газа.

Слєпцова А.Б.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ ФОСФАТНИХ СУМІШЕЙ

В фосфатах основним компонентом є фосфор, який відкрив в 1669 році Хінг Бранду (Німеччина), і отримав таку назву через світіння в темноті і спалахування на повітрі. Слідом за цим відкриттям в 1964 році Бойлем отримана фосфорна кислота шляхом розчинення пентоксиду фосфору у воді. Встановлено (1770 рік) вміст фосфору в складі кісток, зубів тварин, а в першій половині XIX століття був досягнутий помітний прогрес в науці про живлення рослин і усвідомлена цінність фосфатів як добрив.

Накопичення теоретичних і практичних знань про фосфор, фосфорні кислоти та оксиди різноманітних елементів системи Д.І. Менделєєва, їх взаємодії дозволило розширити спектр і збільшити об'єм використання фосфатів в ливарному виробництві для формоутворюючих процесів.

Вибір зв'язувального компоненту для фосфатних сумішей обумовлений створенням холоднотверднучих сумішей із певними властивостями, такими як: текучість, ущільненість, формувальна здатність міцність на стиск. Найважливішою властивістю є міцність.

Процеси, що обумовлюють твердіння фосфатних сумішей, складні, індивідуальні для кожного складу. На хід їх протікання вирішальний вплив мають активності речовин, що входять в дисперсну частину (затверджувач), кислотність зв'язувального, температура і вологість оточуючого середовища та інші фактори.

Необхідним компонентом для отримання холоднотверднучих сумішей (ХТС) з використанням фосфатних зв'язувальних є затверджувач. Твердненню системи «наповнювач-зв'язувальне-затверджувач» сприяє реакція взаємодії оксидів металів (основного характеру) і зв'язувального, який має кислий характер, в результаті якої відбувається утворення кристалогідратів одно- і двозаміщених ортофосфатів,

кристалічна чи аморфна фаза яких утворює плівку зв'язувального на зернах вогнетривкого наповнювача. Швидкість і характер взаємодії і утворення твердої фази залежать від ступеня дисперсності порошкового затверджувача, його фазового складу і ступеня активності по відношенню до ортофосфорної кислоти.

Критерієм вибору порошкового затверджувача фосфатних сумішей є: створення аморфно-кристалічної структури, яка має адгезійні і когезійні властивості; стабільність хімічного складу при тривалому зберіганні; екологічна безпека; регенеруємість; низька вартість і поєднуваність з іншими сумішами.

Використання технологічних процесів отримання форм і стрижнів на основі фосфатних зв'язувальних матеріалів забезпечує отримання виливків високої якості і покращення санітарно-гігієнічних умов праці.

Сосіхіна О.О.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ГАЗОПРОНИКНІ ПРОТИПРИГАРНІ ПОКРИТТЯ

Найбільш перспективним напрямком підвищення якості поверхні литих заготовок литтям за моделями, що газифікуються, є застосування протипригарних покриттів у вигляді фарб. Обов'язковою умовою при використанні покриттів є необхідність їхнього нанесення рівномірним шаром заданої товщини. У протилежному випадку найкращі покриття не дадуть бажаних результатів.

Одночасно із цим важливе значення трудозатрат на очисних операціях і оздоровлення умов праці.

Вирішення цієї проблеми значною мірою залежить від вибору високоякісних протипригарних матеріалів, які створюють ізоляційний захисний шар між металом, що заливається, і поверхнею форми. Цей шар не допускає проникнення розплавленого металу в пори форми, а в деяких випадках забезпечує одержання відновлювальної атмосфери на межі форма-метал.

В основі способу лиття за моделями, що газифікуються лежить процес одержання виливків заповненням форми рідким металом у вакуумовані форми з пінополістироловою моделлю, що під дією теплоти рідкого металу газифікується із утворенням парогазової фази, що повинна видалятися через пори протипригарного

покриття. Тому протипригатне покриття повинне мати достатню газопроникність, оскільки від цієї його властивості залежить майбутня якість виливка.

Для підвищення газопроникності можна використовувати різні вигораючі домішки. Однією з найефективніших домішок є деревна мука.

Деревна мука – сипкий матеріал, отриманий механічним розмелюванням деревини. Зазвичай деревна мука є відходом при різних видах оброблення деревини.

При приготуванні фарби відбувається швидке набухання частинок деревини і її в'язкість стрімко зростає, а криюча здатність погіршується. Це потребує одночасно зі збільшенням вмісту муки знижувати вміст вогнетривкого наповнювача.

Деревна мука починає вигорати при $\sim 290^{\circ}\text{C}$. Тому вище цієї температури спостерігається збільшення газопроникності, в порівнянні із фарбами без муки.

Таким чином, при збільшенні вмісту муки в протипригарній фарбі збільшується її пористість і, як наслідок, зростає газопроникність.

Сябренко В.І., Яблонський А.А.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРИСТИХ ВИЛИВКІВ З АЛЮМІНІЮ

На даний час відомо чимало технологій виготовлення пінометалів [1, 2]. Проте, не дивлячись на покращення якості, за останні 10 років металева піна не позбавлена таких недоліків як неоднорідність, неконтрольованість процесу спінення та ін. Для того, щоб покращити пористу структуру матеріалів, а також зробити виробничі технології надійнішими і відновлюваними, необхідно стабілізувати піну рідких металів, а також краще контролювати процес піноутворення [3].

Металевий розплав може бути спінений шляхом утворення бульбашок в рідині при умові, що розплав буде мати достатню в'язкість, щоб забезпечити стабілізацію утвореної піни. Це можна зробити за допомогою додавання керамічних порошків малої фракції або легуючих елементів в розплав, що стабілізує форму частинок.

Метою нашої роботи є отримання виливка з пінометалу шляхом замішування порофору у розплав. У якості досліджуваних зразків використовувалися виливки:

1) циліндричної форми для вивчення пористості, стабільності та рівномірності порового простору;

2) готова деталь, що призначена гасити енергію удару.

Для проведення дослідів використовували сплав АК9, АЛ2 та пороутворювач CaCO_3 , який попередньо було розділено по фракціям. Для дослідів було обрано фракцію 0,4 та 0,3 мм так як саме ці фракції виявилися найкращими по якості замішування та по розмірам пор що утворюються. Для забезпечення стабілізації процесу піноутворення в розплав вводили керамічні часточки Al_2O_3 та SiO_2 у кількості 3...5% від маси сплаву.

Замішування проводилось за допомогою механічної мішалки в два підходи які, в свою чергу, складаються з двох стадій: замішування порошку в розплав і розповсюдження частинок пороутворювача в об'ємі металу. Заливання здійснювалося в нагріту форму. В результаті проведення серії дослідів отримано циліндричні вилівки-зразки з піноалюмінію висотою 72 мм, діаметром 52 мм, та відносною густиною 0,9...0,4 г/см³ (рис. 1).

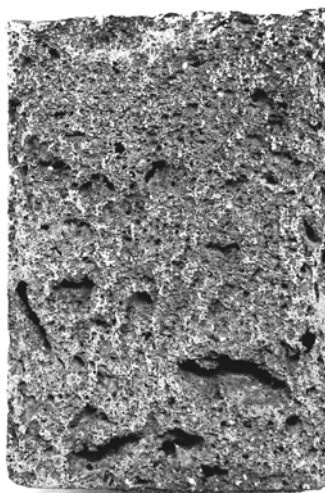
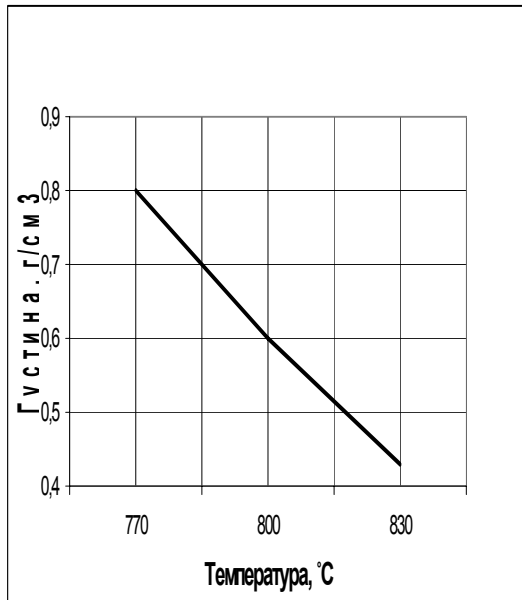
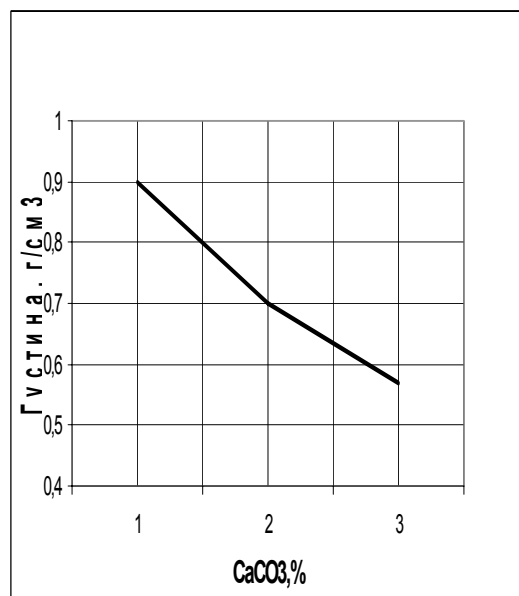


Рис. 1. Розріз вилівка з пористого алюмінію

Оскільки карбонат кальцію досить погано замішується в рідкий алюмінієвий розплав, то значний його відсоток залишається на дні та під стінками тигля. Це пояснюється поганим змочуванням часточок CaCO_3 розплавом (кут змочування більше 90°).



а



б

Рис. 2: Залежність густини піноалюмінію від температури форми при 3% CaCO_3 (а) та від $\% \text{CaCO}_3$ у розплаві при 800 °C (б).

На рис. 2 наведено характер залежності густини виливків від температури та від відсотку пороутворювача в що замішується в сплав

ВПЛИВ ЛЕГУВАННЯ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ ЗНОСОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ

Галузь використання зносостійких сталей - зносостійкі литі деталі, що працюють в умовах інтенсивного зносу.

Знос являє собою дуже складний процес, який залежить від властивостей абразиву і металу, його хімічного складу і структури, режимів термічного оброблення, а також умов роботи деталі з врахуванням прикладених навантажень, швидкості переміщення і агресивності середовища, температури.

Основні вимоги до зносостійких сталей:

- висока міцність;
- висока в'язкість руйнування;
- висока теплопровідність;
- спроможність до утворення при терті міцних плівок вторинних структур.

При наявності агресивних середовищ, підвищених температур і дії інших фізичних і хімічних факторів, що знижують міцність поверхні, опір зношуванню залежить від :

- корозійної стійкості матеріалу
- його жаростійкості та інших властивостей

Для отримання сталі цих властивостей, треба провести процес легування, який вимагає використання дорогих легувальних елементів.

Тому пошук та впровадження у виробництво нових економнолегованих зносостійких сталей, що вміщують у своєму складі невелику кількість легуючих елементів, не потребують багатостадійного термічного оброблення та мають високий рівень механічних та спеціальних властивостей, є дуже актуальним завданням.

Для забезпечення високої зносостійкості необхідно прагнути до можливо більшого насичення матриці сплаву карбідами або іншими твердими включеннями.

Виходячи із наведеного можна зробити висновки, що для оптимізації властивостей вуглецевих сталей необхідно дослідити вплив карбідоутворювальних компонентів на структуру та властивості цих сталей.

Отже, метою досліджень є:

- обґрунтування методики дослідження зносостійкості сплавів
- підвищення ударної в'язкості високомарганцевої сталі при умові збереження чи підвищення її зносостійкості за рахунок економного легування недефіцитними елементами.

Сталь виплавляли в індукційній височастотній печі в тиглі з основною футерівкою. Для випробувань виготовляли в піщаноглинистих формах зразки розміром по перерізу 10×10 мм², довжиною 55 мм.

Методика випробування зразків на ударну в'язкість – стандартна, за допомогою маятникового копра. Зносостійкість визначали за спеціальною методикою на установці, абразивом у якій слугує кварцовий пісок.

1. Визначення впливу марганцю на ударну в'язкість та відносну зносостійкість сталі.

Результати дослідження наведені в табл. 1, які показують, що найбільш висока ударна в'язкість спостерігається при вмісті вуглецю на рівні 0,6% і марганцю – до 2%, проте їх зносостійкість, в порівнянні із сталлю, що містить вуглецю та марганцю відповідно на рівні 0,6 та 0,3%, незначно відрізняється (рис.1).

Таблиця 1 - Вплив марганцю на ударну в'язкість та відносну зносостійкість сталі

Хімічний склад, %		Властивості після відпуску 760°C	
C	Mn	ударна в'язкість, МДж/м ²	відносна зносостійкість
0,6	0,32	0,53	1,00
	0,68	0,49	1,18
	1,11	0,48	1,11
	1,35	0,46	1,20
	1,80	0,43	1,26

Підвищений вміст вуглецю сприяє утворенню карбідів типу MeC, Me₆C, Me₃C та ін. та зростанню міцності сталі, покращенню ливарних властивостей, проте при цьому знижується ударна в'язкість, тому підвищення вмісту вуглецю більше 0,7% небажане.

Подальше підвищення вмісту марганцю більше ніж 1,8 % - небажане в зв'язку із зниженням пластичності сталі, хоча міцність – зростає.

2. Досліджено вплив хрому на відносну зносостійкість та ударну в'язкість сталі (табл. 2).

Хром є найбільш розповсюдженим елементом, який вводиться в марганцеву сталь з метою підвищення зносостійкості.

Таблиця 2 - Вплив хрому на ударну в'язкість та відносну зносостійкість сталі

Хімічний склад, %		Властивості	
C	Cr	ударна в'язкість, МДж/м ²	відносна зносостійкість
0,5	0	0,48	1,00
	1,0	0,45	1,32
	2,0	0,34	1,50
	3,0	0,30	1,61
	6,0	0,16	1,62

Хром стабілізує аустеніт, а також являється активним карбідоутворювачем. При введенні в сталь 1% хрому значно зростає відносна зносостійкість (від 1,0 до 1,32). При додаванні 3% хрому знижується ударна в'язкість. Тому найбільш задовільний комплекс властивостей має сталь з приблизно 2% хрому.

Тошева О.М.

(НТУУ «КПІ», Київ)

НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНІ ДЕФЕКТИ ЛИТВА ПРИ ЛИТТІ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ

Досить часто у ливарному виробництві зустрічаються дефекти виливків, які безпосередньо викликані порушенням технології виробництва. Для того, щоб позбавитися від дефекту литва, необхідно з'ясувати причину його появи. Тільки таким чином можна поліпшити робочий цикл. Це твердження дійсне не лише для процесу лиття за моделями, що витоплюються, але і для будь-якого іншого способу. Оскільки неможливо передбачати все, що може статися на практиці, список дефектів є далеко не повним.

Тепер розглянемо декілька видів дефектів, які викликані різноманітними причинами.

Дефекти, що виникли з вини воскової моделі:

- виріб має збільшену товщину або нерівну поверхню. На поверхні моделі може збиратися пил, або сторонні частинки. Рекомендується робити промивання воскових моделей. Можна використовувати простих емульсій.

- метал після лиття має порувату будову через засмічення. Ливникова система має поглиблення, гострі кути, відокремлені тонкими стінками маси, ці стінки руйнуються під час проходження металу.

- неповне згорання воску. Віск не згорає повністю через:

а) занадто низьку температуру в печі;

б) температура правильна, але недостатній час;

в) правильний час і температура, проте піч занадто заповнена.

Поруватість – виникає через включення в розплав газових бульбашок і сторонніх вкраплень. Це накопичення пор, раковин неправильної форми з різаними краями. Причин, що викликають поруватість, може бути багато. Погане розташування воскових моделей і каналів живлення можуть викликати попадання в метал формувальної суміші. Якщо опока піддається занадто швидкому нагріванню, з'являються пари води, що руйнують поверхню форми, частки суміші потрапляють в порожнини, зайняті раніше воском. Температура розплавленого металу має занадто високе значення в момент розливання - поглинається газ, який звільняється, коли відбувається твердіння. Збільшення швидкості лиття може внести вклад до зменшення пористості.

Краплі або металеві кульки – це зайвий метал на поверхні виготовленої моделі, відповідний порожнинам форми. Порожнини можуть бути викликані занадто тривалим виділенням формувальною сумішшю бульбашок газу, що поступово виходять на поверхню.

Чорні плями на виробі: якщо чорні плями не є вуглецевими осіданнями, це оксиди металу, викликані занадто високою температурою розплаву.

При литті з занадто високою температурою: виріб має шорстку поверхню, особливо якщо форма також перегріта. Колір поверхні - темний, найбільш інтенсивний в місцях з великим вмістом металу, де температура підтримується найбільший час.

Гарячі тріщини: дефект виникає через макроскопічне, неоднорідне розподілення напруг у виливку, невіддатливість форми тощо.

Шлакові раковини: дефект пов'язаний з вадами відкритої плавки, при литті у метал потрапляє шлак.

Отже, під час аналізу браку необхідно користуватися науковими методами, тільки наукові методи можуть дати максимум точності у визначенні причин браку. Успішне проведення процесу - це послідовність операцій, які виконуються однаково точно: моделювання, виготовлення гумової прес-форми, позитивної воскової моделі, приготування формувальної суміші, проведення відпалу, плавлення і лиття розплавленого металу.

З цього ясно, що пошук причини дефекту не завжди є легкою справою. Оскільки кожному етапу процесу передують численні чинники і кожен етап супроводжується багатьма умовами, необхідно ретельно дотримуватись усіх норм, обумовлених технологічним процесом.

Ушакова С.О.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМОЧУВАННЯ РОСПЛАВІВ НА ОСНОВІ МІДІ РІЗНИХ ПІДЛОЖОК ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ

Змочування твердих армуючих елементів матричним розплавом є одним з основних умов формування якісного литого композиційного трибоматеріалу, який одержують методом твердо-рідкофазного суміщення (просочування матричного розплаву через тверді армуючі елементи)

Застосування цих матеріалів у тяжких умовах експлуатації (високі питомі навантаження й підвищена температура, агресивні та абразивні середовища) має перевагу в порівнянні з використовуваними традиційними моносплавами типу антифрикційних бронз, латуней, легованих чавунів.

Змочування призводить до утворення фізичного контакту між фазами, сприяє просоченню пор і формування міцного адгезійного зв'язку між елементами композиту і, таким чином, одержанню однорідного, щільного і міцного композиційного виливка. Тому вивчення процесів змочування в гетерогенній системі "рідкий мідний сплав – тверда підложка" дає вихідні данні для одержання ЛКМ оптимального складу.

Для поставленої задачі як складові ЛКМ були обрані матричні сплави найбільш перспективні у виробництві композиційних підшипників ковзання: БрА9Ж4, БрК3Мц1, БрО1ОФ1, мідь. Як підложки моделюючих армуючі елементи ЛКМ, було обрано такі

залізовуглецеві сплави: вуглецева сталь, ШХ15, зносостійкий хромистий чавун типу 14Х12Г5.

Дослідження змочування проводили на установці, яка розроблена у ФТІМС НАНУ методом “лежачої краплі”. Для проведення досліду на столі розміщували підложку з розмірами (10×10×3 мм) та зразок мідного сплаву (чи міді) масою 0,6...1,2г. Маса визначалася зважуванням твердого зразка до та після експерименту і бралися середні значення. Підложки готували таким чином: шліфували, полірували, обробляли ацетоном та етиловим спиртом.

Після герметизації печі об'єм камери відкачувався до досягнення вакууму $P=10^{-2}...10^{-3}$ Па, після чого заповнювали камеру інертним газом (високої чистоти) і проводили нагрівання. Температуру вимірювали за допомогою термопари ППІ. Регулювання температури здійснювали високоточним регулятором ВРТ-3 з точністю $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Робочу зону печі нагрівали зі швидкістю 100...150 град./хв. Після досягнення заданої температури рідку краплю витримували 10 хвилин і безперервно фотографували за допомогою цифрової відеокамери з різних сторін. Знімки розтікання капель передаються на обчислювальну машину. Величина похибки виміру крайового кута θ не перевищує 15...20 кутових хвилин, а відтворення результатів на різних зразках досягає 2...3°.

Змочування підложок розплавом визначають за крайовим кутом змочування. За результатами вивчення змочування мідними сплавами залізовуглецевих підложок можна виділити 3 області змочування:

- область стабільного змочування ($\theta < 70^{\circ}\text{C}$), спостерігаються високі значення роботи адгезії;
- область нестабільного змочування, ($\theta = 70-90^{\circ}\text{C}$);
- область незмочування ($\theta > 90^{\circ}\text{C}$).

Побудувавши за одержаними даними графік залежності можна зробити висновок, що найкраще сталь ШХ-15 змочується бронзою КЗМц1, $\theta < 40^{\circ}\text{C}$ при підвищенні температури кут зменшується. У випадку з міддю та БрАМ9-4 також $\theta < 70^{\circ}\text{C}$, але з міддю при підвищенні температури θ інтенсивніше зменшується ніж з БрАЖ9-4. Бронзою БрО1ОФ1 до температури 1070°С взагалі не змочується, область змочування настає при підвищенні температури більше 1120°С.

Федоров Н.Н., Федорова Н.В.

(ДГМА, Краматорск)

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БЕНТОНИТОВЫХ ФОРМОВОЧНЫХ ГЛИН ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В современных технологических процессах литья с применением сырых песчано-глинистых форм, например Сейатцу-процесс [1, 2], в качестве связующего материала литейных форм применяются высококачественные бентонитовые глины. В настоящее время можно отметить достаточно широкий выбор бентонитовых формовочных глин, предлагаемых для литейного производства как отечественными (константиновский (КБ), дашуковский бентониты (ДБ)), так и зарубежными производителями (болгарский, греческий, азербайджанский бентониты). В связи с этим, для отечественных производителей бентопорошков вопрос повышения конкурентоспособности их продукции по сравнению с зарубежными аналогами является весьма актуальным.

В работе показана целесообразность аддитивного способа изменения свойств бентонитовой глины, произведенной из сырья одного месторождения, т.е. возможность улучшения требуемых показателей бентопорошка за счет его производства в виде смеси с другими бентонитами, например, 70...80% - КБ в качестве основы и до 30% других высококачественных бентонитов.

На основании проведенных опытно-экспериментальных работ, проведенных на кафедре «Технологии и оборудования литейного производства» ДГМА, г. Краматорск и ОАО «Завод утяжелителей», г. Константиновка, осуществлен подбор оптимальной рецептуры бентопорошка марки П1Т1К(А), разработана специальная технология физико-механической и химической активации исходного сырья – комового КБ при его совместном помоле с высококачественным привозными импортными бентонитами в роliko-маятниковых размалывающих агрегатах. Данный комплекс мероприятий обеспечил значительное повышение важных показателей формовочных смесей - формуемости и текучести, получаемых с применением улучшенного модифицированного Константиновского бентонита (КБ(м)), и вывел его на уровень лучших образцов бентопорошков европейских производителей.

Для нового продукта КБ(м) рассчитан показатель себестоимости, показано, что не смотря на некоторое удорожание данной продукции, обусловленное

необходимостью использования 20-30% привозного сырья, обеспечивается необходимая рентабельность производства при сохранении ценовой привлекательности для потребителей.

В настоящее время проводятся работы по апробации КБ(м) в производственных условиях на автоматических формовочных линиях.

Фесенко А.Н., Фесенко М.А., Волошин М.Ю.

(ДГМА, Краматорск)

ДВОЙНОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЧУГУНА В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ

Модифицирование является эффективным средством повышения уровня механических, служебных и эксплуатационных свойств чугуновых отливок как вследствие изменения формы и размеров графитовых включений, так и вследствие воздействия на структурообразование металлической основы.

В настоящее время разработаны и находят применение множество способов модифицирования расплава: на желобе печи, в герметизированных и открытых ковшах, в автоклавах, в струе заливаемого металла или погружением в него порошковой проволоки с модифицирующим материалом, внутри литейной формы и др.

Из анализа литературных и практических данных установлено, что резервом повышения эффективности модифицирующей обработки жидкого чугуна является комплексное (двойное) модифицирование расплава, встречающееся в литературе как «встречное модифицирование».

На практике технология встречного модифицирования широко применяется при печном и ковшевом способах обработки жидкого чугуна. Недостатками таких способов модифицирования расплава являются: наличие операций обработки жидкого чугуна между выпуском из плавильной печи и разливкой его по формам, низкая степень усвоения и высокая степень окисления модифицирующих и легирующих добавок, большой расход модификаторов и др.

Устранить данные недостатки или свести их к минимуму возможно при использовании перспективной технологии внутрiformенного модифицирования расплава. Однако, информация, касающаяся технологии встречного (двойного)

модифицирования чугуна непосредственно внутри литейной формы, в литературе практически отсутствует.

В данной работе предложен и исследован способ встречного (двойного) модифицирования, который заключается в обработке исходного жидкого чугуна последовательно разными по химическому составу и функциональному назначению модификаторами, размещенными в двух реакционных камерах литниковой системы, расположенных друг за другом на пути движения расплава в полость литейной формы.

Изучение процессов встречного модифицирования исходного жидкого чугуна эвтектического состава внутри литейной формы проводили по следующим технологическим вариантам:

- первоначальная обработка чугуна в первой по ходу движения расплава реакционной камере, заполненной графитизирующим или сфероидизирующим модификатором, с последующей обработкой во второй реакционной камере с карбидостабилизирующим модификатором,

- первоначальная обработка исходного жидкого чугуна карбидостабилизирующим модификатором, помещенным в первой реакционной камере, с последующей обработкой расплава графитизирующим или сфероидизирующим модификатором, расположенным во второй по ходу движения расплава в полость формы реакционной камере.

Как показывают результаты экспериментальных исследований, получение желаемой структуры, а также повышение механических и эксплуатационных свойств чугунных отливок достигается при первоначальной обработке жидкого чугуна в реакционной камере с карбидостабилизирующим модификатором с последующей обработкой расплава графитизирующим или сфероидизирующим модификатором. При этом в отличие от структуры исходного серого чугуна с включениями графита пластинчатой формы в перлитно-ферритной металлической матрице в структуре образцов после двойного (встречного) модифицирования наблюдается формирование перлитно-цементитной структуры с графитовыми включениями завихренной пластинчатой (в случае вторичной модифицирующей обработки графитизирующим модификатором) или шаровидной (в случае вторичного модифицирования сфероидизирующим модификатором) формы.

Филипенко Е.В.

(УО «ГГТУ им. П.О.Сухого», Гомель)

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА И МОДЕЛЕЙ ИСПЫТАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ

Цель данной работы – разработка установки для измерения деформируемости смеси под нагрузкой и построение реологической и математической модели поведения формовочной смеси при деформировании в данной установке.

В современных смесеприготовительных отделениях качество смеси определяют в стандартных условиях, что позволяет лишь косвенно судить о поведении формы в реальных условиях, а измерение большого числа контролируемых показателей вызывает трудности при использовании их для моделирования. Наиболее перспективный метод, позволяющий решить эти проблемы, - определение реологических свойств формовочной смеси, что подтверждается широким применением реологических методов в теории и практике смежных наук и технологий.

Моделирование реологических свойств формовочной смеси на основании реологических моделей простых тел требует знания явлений, происходящих во время процесса деформации смеси. В этом случае реологическую модель можно определить экспериментальным путем. Для проведения экспериментального исследования разработана установка для измерения деформируемости смеси под нагрузкой. Общий вид установки представлен на рисунке 1.

Рассмотрим поведение формовочной смеси в гильзе, при нагружении ее вертикальной сжимающей нагрузкой. В первый период сжатия, когда песчинки сближаются, вытесняется внутрипоровый воздух и ликвидируются поры, смесь ведет себя как пластическое тело. Структура смеси становится все более плотной и однородной. Затем, по мере повышения ее плотности, происходит деформация связующих оболочек, и смесь ведет себя как вязкоупругое тело. При дальнейшем нагружении частицы песка приходят в соприкосновение друг с другом, наступает их упругая деформация, а в некоторых случаях и разрушение отдельных зерен. В этот период проявляются упругие свойства смеси. Таким образом, смесь ведет себя как упруговязкопластическое тело.

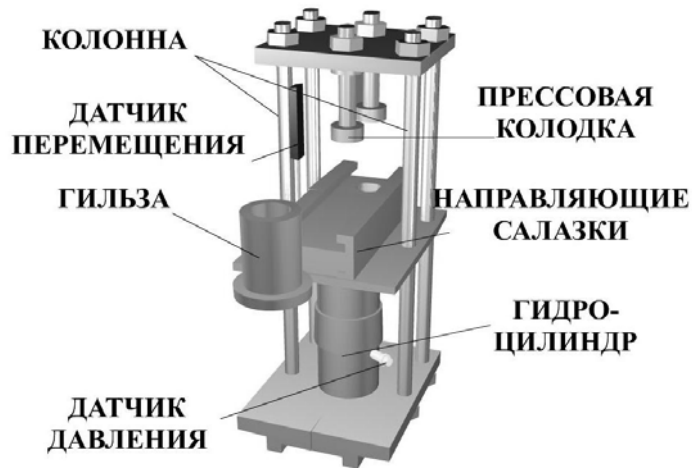


Рисунок 1 - Общий вид установки для измерения деформируемости смеси под нагрузкой

Поэтому реологическую модель смеси при сжатии можно представить в следующем виде: $\Phi C = SV - (H / N) - H$. Для рассматриваемой реологической модели было получено следующее дифференциальное уравнение: $\dot{\varepsilon} = \sigma / \lambda + \dot{\sigma} \cdot (E^2 + \eta^2) / E \cdot \eta^2$.

Используя экспериментальные кривые $\varepsilon(t)$, $\sigma(t)$ и $\sigma(\varepsilon)$, полученные с помощью установки для измерения деформируемости смеси под нагрузкой можно определить неизвестные реологические характеристики смеси. Полученные реологические характеристики в последующем возможно использовать для создания АСУ ТП смесеприготовления и формообразования.

Таким образом, разработанная установка и соответствующие модели, учитывающие особенности деформирования формовочной смеси дают возможность более точно изучить реальные свойства смесей, чтобы приблизить теоретические прогнозы к реальному поведению формовочной смеси.

Черниш О.Г.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ВПРОВАДЖЕННЯ КРІОТЕХНОЛОГІЙ У ЛИВАРНМУ ВИРОБНИЦТВІ

Оцінюючи розвиток крижаних технологій як один із кроків у завтрашній день ливарного виробництва з новим рівнем екологічної культури, відзначимо, ще в 1923р. польський геофізик А. Б. Добровольський галузь науки про лід у всіх його видах і

проявах, в своїй монографії "Природна історія льоду ", запропонував називати кріотехнологією. Термін «Кріотехнологія» поки що поширений лише серед медиків і творців холодильної техніки, а лід як матеріал для виготовлення промислових конструкцій ще не знайшов широкого застосування.

У ході створення наукових основ Кріотехнології модельного і формувального виробництва проводяться дослідження тепло-і масообмінних процесів при виготовленні одноразових льодяних моделей, а також їх танення при отриманні піщаної ливарної форми. Фізико-аналітичне моделювання теплових процесів, що виникають при заморожуванні моделей, дозволило отримати математичний вираз для визначення температури охолодження прес-форми в залежності від необхідної товщини твердої поверхневої кірки моделі, і створити технологію виготовлення моделі заливки водної композиції в прес-форму без її спеціальної герметизації. Розглянуто закономірності росту кристалів льоду при замерзанні ливарні моделі і зростання дендритних структур з точки зору теорії фракталів, що дало можливість практичного підходу до вимірювання площі фронту кристалізації льодяної ливарні моделі.

Побудовано криві замерзання льодяних моделей, які містять різні зв'язувальні компоненти у своєму складі. У результаті дослідження деструкції крижаної моделі методом гравіметрії ливарні форми визначена залежність зміни маси зразка льодяної моделі від часу її танення. Побудовані графіки втрати маси вакуумованої піщаної форми протягом часу танення і вбирання в пісок льодяної моделі з підсушування форми близько 1 хв., що показують зменшення маси продуктів моделі у формі на 45% за рахунок випаровуванні вологи та евакуації її з форми за системою вакуумування форми. На підставі досліджень гідродинаміки проникнення рідкого продукту деструкції одноразової льодяної моделі в товщу піску вакуумованої форми під дією градієнтів газового тиску і концентрації модельного матеріалу розроблено спосіб виготовлення оболонкових форм шляхом просочення зв'язувального компоненту, в якому модель служить носієм цього компоненту. В цілому у форму з модельного розчину вводиться близько 0,3% зв'язувального компоненту від маси піску, що значно менше, ніж при введенні його в холоднотверднучі піщані суміші.

У доповненню до нового способу виготовлення оболонкових форм почалася розробка оптимальних складів композицій, пар інгредієнтів, необхідних для отримання оболонки. Зокрема були побудовані графіки залежності швидкості затвердіння від кількості затверджувача в обсіпці льодяної моделі. Досліджувалося

застосування ЛСТ для можливого отримання оболонкових форм. Також було випробувано в технології виготовленні оболонок нові гідравлічні швидкосхоплюючі цементні наповнювачі.

Шевчук Т.В.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

У даний час лиття під тиском (ЛПТ) є одним з найбільш поширених спеціальних способів виготовлення високоточних виливків із сплавів на основі алюмінію, цинку, магнію (ці сплави заливаються при температурі приблизно 700°C) та інших легкоплавких металів. ЛПТ поділяється на лиття з гарячою і холодною камерою пресування. Ця класифікація відноситься не до процесу лиття в цілому, а лише до способу передачі розплаву. Різниця в тому, що на машинах з холодною камерою пресування розплав перед кожним циклом заливання подається до камери пресування з окремої печі.

Основним недоліком ЛПТ є висока собівартість виливків, яка значною мірою (до 75%) визначається витратами на проектування та виготовлення прес-форм, а також експлуатаційною стійкістю прес-форм і пресових поршнів камери пресування. Актуальність цієї проблеми істотно зросла в останні 10...15 років у зв'язку з різким зростанням цін на матеріали та енергоносії. Термічна і хімічна дія сплавів при тривалому контакті з камерою пресування та робочими поверхнями прес-форм призводять до сильного їх зношування.

Таким чином, підвищення ефективності лиття під тиском є комплексною проблемою і може бути забезпечене за рахунок зниження матеріальних, енергетичних і трудових витрат на виготовлення прес-форм і підвищення експлуатаційної стійкості технологічного оснащення. Основні витрати по відновленню прес-форм пов'язані з ремонтом формотворчих вкладнів – близько 75%, а також рухомих елементів (виштовхувачів, розрядок, центрувальних елементів, відокремлюваних частин) – приблизно 20%.

У результаті проведеного аналізу в одному з цехів кольорового литва (ВАТ «НВО «Сатурн» м. Рибінськ, РФ) встановлено, що причиною близько 35% відмов є розжар (тріщини термічної втоми) і хімічне (корозійне) зношування

формоутворювальних елементів; причиною 40% відмов є механічне зношування і необоротна деформація рухомих елементів прес-форм. Отже, підвищення ефективності ЛПТ в результаті збільшення тривалості експлуатації прес-форм можливе за рахунок забезпечення термостійкості, розжаростійкості, зносостійкості і корозійної стійкості матеріалів та елементів прес-форм.

Відомо, що корозійна взаємодія, тобто розчинність різних елементів в розплавах, обумовлена різницею електронегативності розчинника (алюмінієвого розплаву) і розчинного елемента (заліза, основи сірого чавуну прес-плунжерів). Тому для запобігання хімічної взаємодії (корозії) чавунних прес-плунжерів з алюмінієвим розплавом було запропоновано алітування чавунних прес-плунжерів при $t = 1000$ °С протягом 15 годин із застосуванням порошкоподібної суміші складу: 65% фероалюмінію ФАП-68; 33,5% оксиду алюмінію; 1,5% хлористого амонію. При цьому на прес-плунжері утворюється алітований шар товщиною 0,3...0,5 мм. Термін служби алітованих прес-плунжерів збільшився в 3...5 разів і склав 800...1500 запресовок.

Таким чином, в результаті комплексу проведених досліджень розроблені та пройшли виробниче випробування наступні організаційно-технічні заходи, що забезпечують підвищення ефективності ЛПТ:

- застосування економнолегованої сталі 20X10АЮФЛ замість традиційно використовуваних штампових сталей, а також литих формоутворювальних вкладнів дозволяє на 30...40% знизити вартість прес-форм і у 2,0...2,5 рази збільшити термін служби прес-форм в порівнянні з вимогами ГОСТ 19446-74;

- періодичне промивання системи охолодження прес-форм спеціальною очищувальною рідиною, що забезпечує стабільність технологічного процесу та якості виливків протягом усього терміну експлуатації прес-форм;

- застосування алітованих або біметалевих прес-плунжерів в 1,5 рази скорочує витрати на їх виготовлення і забезпечує більш ритмічну роботу машин лиття під тиском.

Яблонський А. А.

(НТУУ «КПІ», Київ)

ВПЛИВ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ПОРОУТВОРЮВАЧА НА ГУСТИНУ ВИЛИВКІВ З ПІНОАЛЮМІНІЮ

Металевий розплав може бути спінений шляхом утворення бульбашок в рідині при умові, що розплав буде мати достатню в'язкість, щоб забезпечити стабілізацію утвореної піни. Це можна зробити за допомогою додавання керамічних порошоків малої фракції або легуючих елементів в розплав, що стабілізує форму частинок. На даний час відомо три шляхи спінювання металевих розплавів:

- шляхом вдування газу у рідкий метал;
- при замішуванні пороутворювача, що виділяє газ, у розплавлений метал;
- шляхом виділення газу, який був попередньо розчинений у розплаві.

Отримання пористих виробів шляхом замішування пороутворювача у розплавлений метал є перспективним за рахунок можливості виготовлення досить складних за формою виливків. зменшення вартості виробництва та спрощення процесу спінення.

Невелика кількість літературних даних щодо впливу кількості та фракційного складу карбонату кальцію на густину пінометалу обумовила необхідність визначення цих параметрів.

Вплив фракційного складу карбонату кальцію на густину виливка досліджували при постійних температурах форми та металу.

Густина розплаву при однаковій температурі форми ($T=1103\text{K}$) і при однаковій кількості CaCO_3 зі збільшенням фракції зменшується (рис.1). Це обумовлюється тим, що менші фракції значно гірше замішуються в розплаві. При подальшому збільшенні фракції пороутворювача зміна густини відбувається не так різко. Також разом зі зменшенням густини збільшується і середній розмір пор, а їх кількість зменшується. Розподілення пор по об'єму виливків є відносно рівномірним.

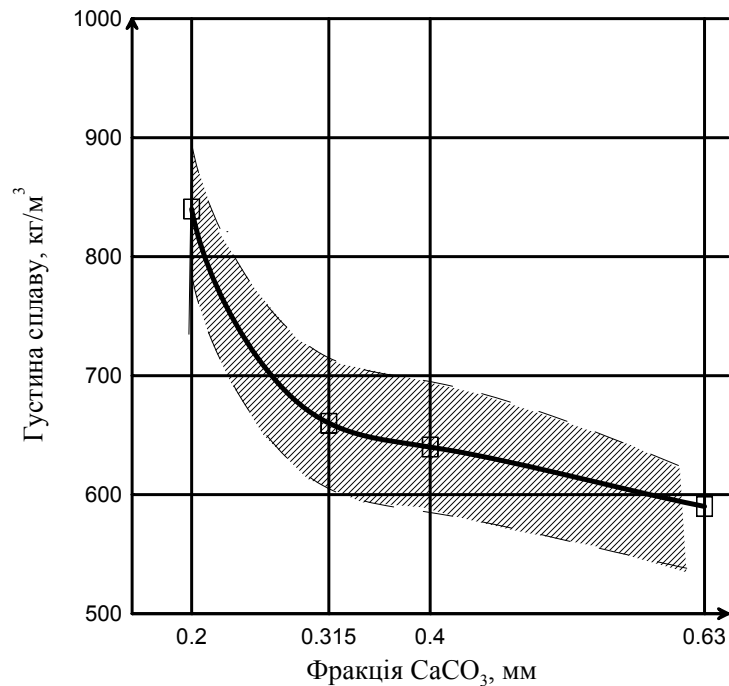


Рисунок 1 - Залежність густини виливка від фракції пороутворювача

Властивості спіненого алюмінію визначають по його густині, але розмір та розподіл пор по об'єму виливка також є важливими параметрами, які впливають на властивості матеріалу. Максимальний розмір пор обмежується об'ємом газу що виділяється з пороутворювача певної фракції. Більші пори можуть утворюватись в результаті коагуляції пор або об'єднання часток порофору при замішуванні. Для порівняння розподілу пор у виливку досліджували зразки, які були спінені з додаванням однакової кількості карбонату кальцію (2 %), але різною фракцією.

СЕКЦІЯ 2. РОБОТИ СЛУХАЧІВ МАН

Басова Д.В.

10 клас, гімназія №153 ім. О. С. Пушкіна, Шевченківський район м. Києва;
педагогічні керівники: вчитель вищої категорії Кривенко І.В., практичний
психолог Тищенко Н.В.

ВПЛИВ МУЗИКИ НА ЛЮДИНУ І ПРИРОДУ

Мета дослідження: дослідити вплив різних музичних жанрів на природу та людину.

Завдання роботи:

1. Здійснити експериментальну роботу з використанням різних музичних жанрів, щоб дослідити вплив музики на розвиток рослин.
2. Встановити зв'язок між заняттями музикою та успішністю в школі.
3. Дібрати перелік творів для музичних перерв.
4. Дібрати перелік творів для музичних хвилинок на уроці, щоб дослідити вплив музики на успішність навчання.

За результатами наших спостережень, ми зробили висновок, що класична музика значно прискорює ріст і впливає на якість рослини -- міцніше стебло, додаткові листки. В той час, як «слухання» важкого року негативно впливає на рослини, воно припиняє або уповільнює їхній ріст.

За результатами анкетування серед учнів 5-8 класів, ми одержали такі данні. Серед дітей, які не грають на музичних інструментах 58% навчаються на достатній та високий рівні. Серед дітей, які грають на музичних інструментах більше 4 років, 83% навчаються на достатній та високий рівні. На наш погляд пояснення різниці в 25% полягає в тому, що мозок дітей, які грають на музичних інструментах частіше знаходиться в стані альфа-хвиль, коли підвищується здатність до навчання. Крім того, гра на музичних інструментах примушує дітей активно використовувати обидві руки, що сприяє гармонійному розвитку обох півкуль головного мозку. А це також сприяє кращому розвитку мислення, пам'яті, уваги та інших психічних процесів.

Давидова В.А.

Київська МАН «Дослідник», гімназія №153 ім.О.С.Пушкіна, 10 клас, науковий керівник
Кочешков А.С., кандидат технічних наук, НТУУ «КПІ», доцент кафедри ливарного
виробництва чорних та кольорових металів, педагогічний керівник, вчитель-
методист гімназії №153 ім.О.С.Пушкіна Шабалтас І.П.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ІЗ ДОРОГОЦІННИХ МЕТАЛІВ

Метою моєї роботи було дослідження властивостей благородних металів та їх сплавів, ознайомлення з технологіями та набуття практичних навичок виготовлення виробів точного та ювелірного лиття.

Представлена робота є частиною розробки по вдосконаленню складів формувальних сумішей з підвищеними технологічними властивостями для отримання ювелірних виливків методами точного литва.

Актуальність роботи полягає в потребі постійно оновлювати технологію в зв'язку посиленням вимог до якості виробів та появою нових матеріалів.

Новизна роботи полягає у розробці нових складів формувальних сумішей з раніше невикористованим поєднанням «гіпс – кремнезем» у якості зв'язуючого матеріалу.

Я обрала саме цю тему, бо колись я зацікавилася дизайном ювелірних прикрас, і тому, досліджуючи це питання, я змогла поглибити свої знання, побачити, які технології виготовлення цих виробів існують у наші часи і яким чином вони впливають на їх зовнішній вигляд.

Благородні метали – це золото, срібло, платина й метали платинової групи. Отримали свою назву головним чином завдяки високій хімічній стійкості й гарному зовнішньому вигляду у виробах.

Експериментальна частина моєї роботи - отримання ювелірних виробів литвом за моделями, що витоплюються.

Отже, дослідив питання технології виготовлення ювелірних виробів, я:

1. З'ясувала властивості благородних металів та їх сплавів, які зумовили їх використання у ювелірному виробництві;
2. Ознайомила з технологіями виготовлення виробів точного та ювелірного лиття.

3. Набула практичних навичок виготовлення виливок, які дозволять більш ґрунтовно виконати подальшу роботу, присвячену розробці нових складів формувальних сумішей з раніше невикористованим поєднанням «гіпс – кремнезем» у якості зв'язуючого матеріалу.

Днестрянська А.В.

Київська МАН «Дослідник», Гімназія №153 ім. О.С.Пушкіна, 10 клас Науковий керівник: Кочешков А.С., доцент кафедри ливарного виробництва чорних та кольорових металів НТУУ «КПІ».

ХУДОЖНЄ ЛИТВО: ВИГОТОВЛЕННЯ ГАРМАТ ТА ПАМ'ЯТНИКІВ

Мета: розробка нових складів формувальних сумішей з підвищеними технологічними властивостями для отримання високоякісних художніх виливків із різних металевих сплавів.

Актуальність роботи полягає в необхідності постійного вдосконалення технологій у зв'язку з появою нових високоякісних матеріалів, збільшення вимог до якості отримуваних виливків, необхідності покращення екології середовища.

Наукова новизна полягає у використанні в якості зв'язуючого та пластифікатора формувальних сумішей органічного біополімеру – продукту переробки деревини на целюлозу.

З моменту появи перших виливок до XIV століття – це період примітивної технології. Другий етап розвитку художнього литва – період ремесленної технології – почався в XIV столітті н.е. і продовжувався до середини XIX століття. На початку XX століття на зміну ремесленній технології прийшла промислова. Цей період продовжувався з середини XIX століття до кінця XX століття.

Я розглянула 4 сучасні технології литва пам'ятників: литво в піщано-глинисті або земляні форми, лиття по витопних і випалюваних моделях, лиття в оболонкові форми, лиття у форми з металу (лиття в кокіль).

Свою експериментальну частину я виконувала на кафедрі «Ливарного виробництва чорних та кольорових металів» інженерно-фізичного факультету НТУУ «Київський політехнічний інститут». Я приймала участь у формоутворенні художнього виливку скульптури «Сафо» з використанням кавалків (кусків) і «фальшивої» опоки.

Висновки:

1. Ознайомлення з науковою літературою дозволило дослідити історію художнього литва гармат та пам'ятників, тенденції та перспективи новітніх технологій у цій галузі.

2. В наш час вже не виливають гармати в зв'язку із розвитком науково-технічного процесу. Водночас, пам'ятники зберігають свою актуальність в наш час і будуть виготовлятися в майбутньому, найвірогідніше, за методом лиття у випалювані та витоплювані моделі.

3. Ознайомлення з технологіями виготовлення виливків художнього литва набуло практичних навичок при подальшому виконанні роботи в наступному році.

Робота виконувалась відповідно до правил оформлення дисертаційного дослідження – Державний стандарт України. ДСТУ 3008-95.

Сулема О.К.

10 (6-Е) клас, гімназія № 153 ім. О.С. Пушкіна, Шевченківського району м. Києва;
педагогічний керівник: старший вчитель вищої категорії КУЗУБ В.І.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ МАТРИЦЬ У МАТЕМАТИЧНІЙ ОБРОБЦІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Робота присвячена вивченню теоретичних основ теорії матриць та експериментальному дослідженню й практичному застосуванню елементів теорії матриць у математичній обробці цифрових зображень.

Метою дослідження є виявлення можливості чи неможливості застосування основних операцій над матрицями до цифрових зображень та встановлення відповідності між матричними операціями та операціями над цифровими зображеннями.

В теоретичній частині роботи розглянуті такі базові питання, як види матриць, основні операції над матрицями та їх властивості, розв'язання систем лінійних рівнянь за допомогою матриць, а також застосування матриць у логічних іграх.

Дослідницька частина роботи присвячена практичному використанню матричних операцій та експериментальній перевірці математичних дій над матрицями цифрових зображень, отриманих за допомогою цифрового фотоапарату або сканера. Для виконання дій над матрицями зображень було використано програму MATLAB.

В результаті проведеного дослідження було отримано таблицю відповідності між матричними операціями та операціями над цифровими зображеннями, а також були зроблені такі основні висновки:

- 1) основні операції над зображеннями базуються на теорії матриць;
- 2) не всі матричні операції можуть бути застосовані над матрицями зображень (наприклад, операція множення не може бути застосована);
- 3) в деяких випадках операція повинна бути застосована над підматрицею, а не над всією матрицею.