

лігатури в рідкий метал біля 70...85% при скороченні до мінімуму тривалості часу від початку модифікування до кристалізації розплаву.

Ще однією характерною ознакою внутрішньоформового модифікування є використання вихідного чавуну з вмістом S менше 0,01%, тому актуальними стали дослідження отримання високоміцного чавуну внутрішньоформовим модифікуванням при використанні вихідного чавуну з підвищеним вмістом сірки, який отримуємо з недорогого переробного чавуну та сталевого брухту. При використанні вихідного чавуну з підвищеним вмістом сірки, її надмірну кількість, яка перевищує оптимальні межі 0,010...0,015%, необхідно дезактивувати, що буде сприяти ефективному внутрішньоформовому модифікуванню, та магній, який вводиться в рідкий метал, буде виконувати тільки функцію утворення кулястого графіту в чавуні під час його кристалізації.

Дослідження проводили з використанням магній-кальцієвої лігатури ЖКМК-4. Кальцій є більш активним десульфуратором і розкислювачем, ніж магній, через що покращується модифікувальна здатність лігатури. Через погану розчинність лігатури застосовували присадку флюориту кальцію (CaF_2), що ефективно знижує в'язкість шлаку, який утворюється.

Відливали стандартні клиноподібні проби з товщиною біля основи 15 мм в сирій піщано-глинястій формі при 1380 і 1450 °С. Кількість присадки CaF_2 складала 3 і 15% від маси лігатури. При введенні 3% присадки CaF_2 та температурі заливання 1380 °С вміст Mg та Si відповідно склав 0,023 та 1,98%. За температури заливання 1450 °С і тієї ж кількості присадки CaF_2 вміст Mg та Si збільшуються відповідно до 0,038 та 2,39%.

Введення 15% CaF_2 значно покращує умови взаємодії рідкого металу з лігатурою і при температурі заливання 1450 °С відбувається повне її розчинення і досягаються найвищі значення вмісту Mg та Si (0,05% Mg та 2,46% Si). При температурі заливання 1380 °С вміст Mg та Si склав відповідно 0,037 та 2,23%.

Як показують результати проведених досліджень, швидкість розчинення магній-кальцієвої лігатури залежить від в'язкості і температури шлаку, що утворюється при її плавленні та перешкоджає проникненню рідкого металу в лігатуру і уповільнює процеси тепломасообміну між нею та розплавом.

Таким чином експериментально доведено, що застосування магній-кальцієвої лігатури є перспективним процесом при використанні вихідного чавуну з підвищеним вмістом сірки до 0,035%. В результаті досліджень отримані експериментальні дані, що свідчать про взаємозв'язок параметрів структури і механічних властивостей високоміцного чавуну з температурою заливання і кількістю введеної присадки флюориту кальцію разом із лігатурою. Механічні властивості відлитих проб, отриманих внутрішньоформовим модифікуванням магній-кальцієвою лігатурою: межа міцності до 600 МПа; відносне подовження до 12%.

Бубликов В.Б., Ясинский А.А., Бачинский Ю.Д., Ясинская Е.А.

(ФТИМС НАН України, г. Киев)

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА РАСПЛАВА И ЛЕГИРОВАНИЯ МЕДЬЮ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА ПЕРЛИТНОГО КЛАССА

Важным фактором, способствующим увеличению механических свойств легированного медью высокопрочного чугуна, является повышение качества исходного расплава. Так при плавке в дуговой печи основным процессом на шихте из рафинированного продувкой магнием литейного чушкового чугуна марки ЛР6 и отходов листовой стали 08кп получен расплав с весьма низким содержанием серы и фосфора – 0,008 и 0,029% со-

ответственно. Низкое содержание серы позволило снизить расход сфероидизирующей лигатуры до 1,2% от массы металла при модифицировании в ковше, что в 2 раза меньше, чем при модифицировании расплава, выплавленного в индукционной электропечи на шихте из передельного чушкового чугуна ПЛ1 с содержанием 0,035% S. В результате легирования 1,0% Si выплавленного основным процессом расплава с низким содержанием серы и фосфора получен перлитный высокопрочный чугун с $\sigma_B \geq 900$ МПа, $\delta > 6\%$, который, по сравнению с высокопрочным чугуном, полученным из переплавленного в индукционной электропечи чушкового чугуна ПЛ1, характеризуется повышенной на 20% прочностью и в 2 раза большим относительным удлинением. В результате нормализации повышаются прочность и твердость, относительное удлинение изменяется незначительно.

Исследование влияния легирования медью на механические свойства проводилось также на высокопрочном чугуне, выплавленном в опытно-промышленных условиях в индукционной печи из шихты, состоящей из рафинированного продувкой магнием чушкового чугуна ЛР3 (30%) и стали 20 (70%).

Структура металлической основы клиновидной пробы толщиной 15 мм из исходного высокопрочного чугуна состояла из 70% перлита (остальное феррит). После легирования 0,35% Si количество перлита увеличивается до 85%, а при легировании 0,60% Si – до 95%. По мере повышения содержания меди прочность σ_B увеличивается по линейной закономерности до 920 МПа в высокопрочном чугуне, легированном 1,2% Si. Относительное удлинение снижается по мере уменьшения количества феррита и при содержании в металлической основе более 95% перлита стабилизируется на уровне ~4%. В данной серии опытов наряду с прочностью и относительным удлинением также определяли условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, величина которого в легированном медью чугуне превышает 500 МПа.

В целом, наряду с легированием медью, применение качественных шихтовых материалов и выплавляемого основным процессом исходного расплава являются факторами, определяющими получение высоких механических свойств высокопрочного чугуна перлитного класса.

Бубликов В.Б.

(ФТИМС НАН України, м. Київ)

ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ ІЗОТЕРМІЧНО ЗАГАРТОВАНОГО ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ З АУСТЕНІТО-ФЕРИТНОЮ МЕТАЛЕВОЮ ОСНОВОЮ

У 1958-1965 рр. у Фізико-технологічному інституті металів та сплавів НАН України групою співробітників під керівництвом кандидата технічних наук Волощенка Михайла Васильовича було створено технологію отримання нового конструкційного матеріалу – ізотермічно загартованого високоміцного чавуну з аустеніто-феритною матрицею, міцнісні характеристики якого ($\sigma_B = 1000 \dots 1400$ МПа, $\sigma_{0,2} = 700 \dots 900$ МПа) були майже на 100% вищі, ніж у відомих до цього моменту високоміцних чавунів з кулястим графітом. Втомна міцність (σ_{-1} , τ_{-1}) такого чавуну в 1,5...1,8 разів перевищувала показники сталі 45Г2. Зносостійкість в умовах тертя із змащенням була в 2...3 рази вищою, ніж у перлітно-го високоміцного чавуну. В Україні наприкінці 50-х років минулого століття вперше у світовій практиці з ізотермічно загартованого високоміцного чавуну почали виготовляти колінчасті вали. В 1965 р. на Харківському моторобудівному заводі «Серп і молот» було створено і діяло більше 40 років високоефективне масове (з добовим випуском 520...550 шт.) виробництво литих колінчастих валів масою 62 кг для форсованих дизельних двигунів тракторів та комбайнів.