

ЗНИЖЕННЯ ХІМІЧНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ СПЛАВУ 35ГЛ ШЛЯХОМ МОДИФІКУВАННЯ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНИМ СТРУМОМ В ПРОЦЕСІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ

Розглянуто метод обробки розплаву при кристалізації, який дозволяє отримувати якісні виливки сталі марки 35ГЛ. Показано, що електроімпульсна обробка розплаву покращує структуру лиття і зменшує хімічну неоднорідність виливків, а також підвищує швидкість розчинення металевих домішок та інших компонентів у розплаві, що забезпечує дрібнокристалеву структуру та підвищує гомогенність металу виливка, зменшує бал карбідів марганцю, знижує вміст газів і неметалічних включень.

Ключові слова: електроімпульсна обробка, конструкційна сталь, структура, кристалізація сплаву, неметалеві включення, хімічна однорідність, карбіди марганця.

Вступ

У зв'язку з необхідністю економії матеріальних ресурсів у багатьох галузях промисловості, зокрема машинобудуванні, є нагальною потреба в розробці та впровадженні новітніх ресурсозберігальних технологій, які характеризуються достатнім рівнем експлуатаційних властивостей при їх меншій ресурсозатратності.

Актуальним завданням на сьогодні для металургійних підприємств залишається обробка розплаву для поліпшення його фізико-механічних властивостей. Основними факторами, що відповідають за зниження механічних властивостей є: фізична неоднорідність (мікротріщини, пористість, раковини), структурна неоднорідність (різний розмір зерна, різна кількість і характер фаз), хімічна неоднорідність (нерівномірний розподіл компонента).

На сьогодні проблема зменшення хімічної неоднорідності в сталевих виливках вирішується в основному за рахунок впровадження нових технологій. Існуючі методи, які дозволяють впливати на зменшення хімічної неоднорідності, здійснюються за рахунок рафінування металу, використання спеціальної електрометалургії в процесі розливання і затвердіння розплаву та зовнішніх впливів під час кристалізації розплаву. Неможливість повністю усунути хімічну неоднорідність у виливках, використовуючи тільки технологічні заходи, пов'язані з підготовкою розплаву і заливкою його у форму, пояснюється тим, що її утворення відбувається в процесі затвердіння злитка.

Постановка задачі

З метою розширення сфери застосування марганцевмісних конструкційних сталей у промисловості нами було проведено дослідження можливості підвищення якості сталевих виливків без введення додаткових легувальних елементів шляхом модифікування електроім-

пульсним струмом у процесі кристалізації розплаву та вивчення впливу на хімічну однорідність зносостійкої сталі 35ГЛ. Основним завданням авторів було проведення експериментів з метою забезпечення умов зменшення хімічної неоднорідності металу в процесі його кристалізації.

Огляд літератури

Для підвищення якості та властивостей виливків усе більшого застосування знаходить метод струмового впливу на розплав при кристалізації [1]. Накопичені експериментальні та теоретичні дані свідчать про можливість впливу на металевий розплав у ливарній формі електричним струмом з метою управління потоками іонів і зміни вмісту компонентів по перетину виливка [2]. Такий технологічний прийом дає можливість отримувати литі вироби з підвищеним вмістом необхідних компонентів у поверхневому шарі виливка і знижувати їх вміст у тілі виливка [3]. У зв'язку з цим являє собою великий теоретичний і практичний інтерес проведення цілеспрямованого дослідження впливу електроімпульсного струму на кристалізаційні параметри виливків з конструкційних марганцевмісних сталей.

Імпульсний струм характеризується істотно нелінійним короткочасним характером протікання, який забезпечується розрядкою накопичувача електричної енергії на навантаженні. Імпульсно-періодичне струмове навантаження сплаву при кристалізації має певні переваги перед режимами постійного і змінного струму [4]. Насамперед, це більш низькі енерговитрати при одночасному зменшенні втрат на нагрів металу. Але роботи по вивченню механізмів і пошуку оптимальних схем такої обробки поки що тільки розпочато і перебувають у стадії лабораторних досліджень.

Матеріали і методи

Роботи з обробки розплавів електричним струмом у процесі кристалізації, в основному, проводилися на

кольорових металах [5–7]. Є позитивні результати застосування електрообробки при виготовленні виливків із чавунів [8–9]. Для зазначених сплавів обробка електричним струмом справляє позитивний вплив на процеси тепломасоперенесення та структуроутворення, а також обумовлює спрямовану кристалізацію в міжелектродному просторі. Це є особливо важливим при отриманні тонкостінних литих виробів.

Слід зазначити, що електродія струму на марганцевмісні сталеві виливки раніше не вивчалася, тому потрібне проведення комплексу досліджень по вивченню впливу електрообробки сталевого розплаву під час кристалізації на структуру виливків та їх якісні характеристики є не вивченим.

Для аналізу структури сплаву були виготовлені зразки розміром $21 \times 13 \times 11$ мм. Металографічні дослідження проводилися на оптичному мікроскопі МІМ-8 при збільшенні 100. Контроль макроструктури щодо хімічної неоднорідності сплаву здійснювався згідно з ГОСТ 10243–75. Гартування зразка проводили в лабораторній електропечі опору з автоматичним регулюванням температури.

Експерименти

У лабораторних умовах плавильного павільйону ДВНЗ «Криворізький національний університет» була випробувана технологія отримання дослідної партії виливків з металевого сплаву 35ГЛ, що включає модифікування імпульсним електричним струмом при кристалізації у ливарній формі. Обробка сплаву здійснювалась у межах частоти від 5 до 33 Гц, щільності $4000\text{--}7000$ А/см², скважності 5–24 меандрів, сили струму 20–40 А, при підтриманні напруги у межах 180–250В.

Цей спосіб модифікування виливків зі марганцевмісних конструкційних сталей включає: заливання розплаву в піщано-глинисту форму, пропускання електричного струму заданою щільністю крізь виливок за рахунок електродів, розташованих у формі, які контактують безпосередньо з виливком, у процесі знаходження його в рідкому, твердо-рідкому стані і до закінчення кристалізації (рис. 1).

Результати

У результаті електроімпульсної обробки структура литого металу має велику фізичну однорідність на відміну від базового зразка, знижується вміст газів і неметалевих включень та зменшується хімічна неоднорідність (рис. 2).

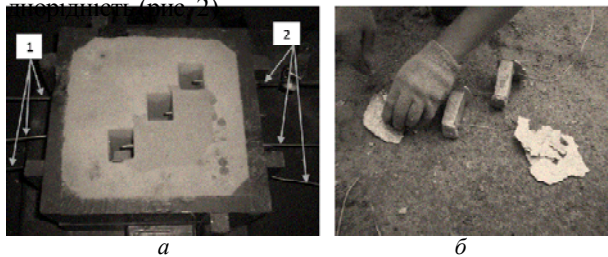


Рис. 1. а – піщано-глиниста форма для заливки зразків з підведенням імпульсного струму;

1 – анод, 2 – катод; б – виливка лабораторних зразків

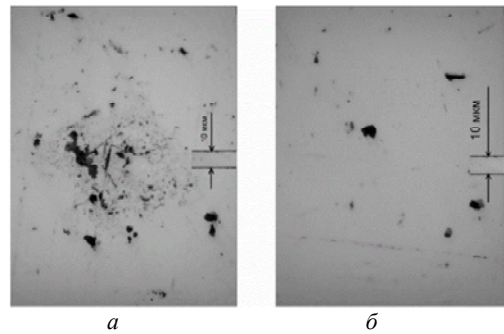


Рис. 2. Неметалічні вкраплення на нетравленому шліфі:

а – базовий зразок; б – зразок після електроімпульсної обробки

На нетравленому шліфі базового зразка виявлені окремі скупчення неметалічних вкраплень (екзогенних) (рис. 2а). На більшості полів зору шліфа, обробленого під час кристалізації, спостерігали дезорієнтовані включення розміром до 10 мкм (рис. 2б). При обробці виливків електроімпульсним струмом кількість неметалевих вкраплень зменшується в 1,4–2,5 рази. Твердість по Брінеллю зросла на 11 од. і становила 113.

Після гартування зразків було виготовлено металографічні шліфи. Для виявлення мікроструктури (рис. 3) шліф труїли в 4 % спиртовому розчині азотної кислоти. Мікроструктура базового зразка була неоднорідною – на тлі аустенітної структури спостерігали ділянки перлітної (рис. 3а).

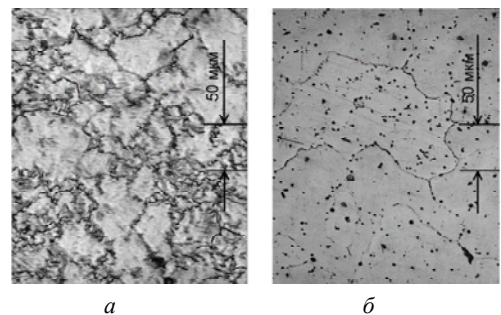


Рис. 3. Мікроструктура:

а – базовий зразок; б – зразок після електроімпульсної обробки

Мікроструктура зразка після електрообробки представлена на рисунку 3б. Це практично однорідна аустенітна структура з дезорієнтованими частинками карбідів марганцю. Обробка електричним струмом вплинула на розмір і кількість карбідів марганцю. Бал зерна карбідів марганцю зменшився з 7 до 8.

Як показав аналіз мікроструктури зразків сталевих сплаву на кристалізацію металу, електроімпульсний струм чинить модифікувальну дію. Подрібнюється первинне зерно металеві основи, що приводить до поліпшення фізико-механічних властивостей сталі 35ГЛ (табл. 1).

Обговорення

Модифікувальний ефект сталевих марганцевмісних виливків досягається за рахунок структурних перебу-

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості сталі 35ГЛ

Номер зразка	Межа міцності, МПа	Ударна в'язкість, кДж / м ²	Твердість по Брінеллю (без гартування)
№ 1 базовий зразок	503	243	102
№ 2 зразок після модифікування електроімпульсним струмом	540	296	113

дов у розплаві при обробленні його електроімпульсним струмом у процесі кристалізації. Змінюється ближній порядок атомів у кластерах, зменшується їх розмір. Суттєве подрібнення кластерів аж до повного їх розчинення є наслідком резонансних явищ, які відбуваються в процесі енергетичного впливу на розплав імпульсного електричного струму. Це забезпечує значне підвищення рівня механічних властивостей, перш за все міцності та ударної в'язкості без зміни хімічного складу сплавів.

Висновки

1. Результати досліджень показали, що електроімпульсна обробка розплаву сталі 35ГЛ при його кристалізації сприяє більш рівномірному розподілу неметалевих вкраплень, а також зменшення фізичної і хімічної неоднорідності, знижується вміст газів і неметалевих вкраплень.

2. Показані можливості істотного підвищення основних механічних властивостей литої конструкційної сталі 35ГЛ.

3. Установлено, що найбільш ефективний вплив на механічні властивості сталі 35ГЛ можливий при наступних параметрах електроімпульсного струму: сила струму 20–40А з незмінною частотою імпульсів струму в промислових мережах (4–33 Гц) для обробки сплаву при його кристалізації.

Список літератури

1. Иванов А. В. Электротоксовая обработка жидких и кристаллизующихся сплавов в литейных технологиях /

А. В. Иванов, А. В. Синчук, В. Н. Цуркин // Электронная обработка материалов. 2011. – № 5, том 47. – С. 89–98.

2. Sethian J.A. Crystal growth and dendritic solidification / Sethian J.A., Strain J. – J. Comput. Phys. 1992. – Vol. 92. – P. 231–253.

3. Mikheev L. M. Mobility of a diffuse simple crystal-meltinterface / Chernove A.A. // J, Cryst Grow. 1991. – Vol. 112. –P. 591–596.

4. Влияние наследственности на предсудачное расширение сплавов / И. Ф. Селянин, В. Б. Деев, А. П. Войтков и др. // Металлургия машиностроения. – 2005. – № 6. – С. 15–17.

5. Миненко Г. Н. Об энергетическом воздействии на металлический расплав / Г. Н. Миненко // Металлургия машиностроения. – 2006. – № 3. – С. 10–12.

6. Миненко Г. Н. Физическая модель воздействия электрического тока на процесс кристаллизации сплава / Г. Н. Миненко, Ю. А. Смирнова // Металлургия машиностроения. – 2009. – № 3. – С. 48–49.

7. Воздействие электрического тока на жидкий алюминиевый сплав / В. И. Якимов, Б. Н. Марьин, В. В. Зелинский [и др.] // Металлургия машиностроения. – 2003. – № 3. – С. 36–39.

8. Тимченко С. Л. Исследование кристаллизации сплава под действием электрического тока / С. Л. Тимченко // Расплавы. – 2011. – № 4. – С. 53–61.

9. Кольчурина И. Ю. Влияние внешних воздействий на микроструктуру кристаллизующегося сплава / И. Ю. Кольчурина, И. Ф. Селянин // Литейное производство. – 2009. – № 8. – С. 13–15.

Одержано 12.05.2017

Жбанова Е.Н. Снижение химической неоднородности сплава 35ГЛ путем модифицирования электроимпульсным током в процессе кристаллизации

Рассмотрен метод обработки кристаллизующегося сплава, который позволяет получать качественные отливки стали марки 35ГЛ. Показано, что электроимпульсная обработка расплава улучшает структуру литья и уменьшает химическую неоднородность отливок. Обработка расплава током во много раз повышает скорость растворения металлических примесей и других компонентов в расплаве и обеспечивает мелкокристаллическую структуру, повышает однородность металла отливки, уменьшает балл карбидов марганца, снижает содержание газов и неметаллических включений.

Ключевые слова: электроимпульсная обработка, конструкционная сталь, структура, кристаллизация сплава, неметаллические включения, химическая однородность, карбиды марганца.

Zhbanova Ye. Reduction of the chemical inhomogeneity of the 35g alloy by modifying with an electric pulse in the process of crystallization

The method of processing of a crystallizing alloy is considered, which allows obtaining high-quality castings of steel grade 35GL. It is shown that the electro pulse treatment of the melt improves the casting structure and reduces the chemical heterogeneity of the castings. The melt processing by current greatly increases the rate of dissolution of metal impurities and other components in the melt and provides a fine-grained structure, increases the homogeneity of the casting metal, reduces the manganese carbide score, reduces the content of gases and non-metallic inclusions.

Key words: electro impulse treatment, steel, structure, alloy crystallization, nonmetallic inclusions, chemical homogeneity, manganese carbides.