

До проблеми якості великих ковальських зливків

В. М. Щеглов, кандидат технічних наук

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

Розглянуто можливості утворення та усунення найбільш небезпечних дефектів великих ковальських зливків. На основі даних літератури і власних досліджень показано перспективність покращення якості сталевих зливків при застосуванні віброінокуляційної обробки розплаву в процесі кристалізації.

Світовий досвід виробництва великих ковальських зливків масою понад 100 т для виготовлення відповідальних виробів машинобудування свідчить про необхідність суттєвого підвищення їх якості.

Серед головних напрямків вирішення цієї актуальної проблеми розглядають [1 – 3] наступні:

- підвищення чистоти рідкої сталі щодо шкідливих домішок (кисню та сірки до 15 – 20 ppm, фосфору до 30 – 40 ppm, водню до 1,0 – 1,5 ppm, кольорових металів – не більше 70 ppm) за рахунок глибокого рафінування сталі в агрегатах позапічної обробки;

- розкислення, десульфуріація і вакуумування розплаву з інтенсивною продувкою аргоном і введенням модифікуючих добавок наприкінці продувки;

- виготовлення зливка у вакуумній камері (глибина вакуумування не менше 40 – 60 Па) при розливанні через проміжний ківш із захистом аргоном струменя розплаву та шлаковим покриттям металу в розливному ковші, тощо.

Відомо також, [4] що важливим параметром, який зумовлює збільшення дефектів сегрегації в об'ємі зливка, є вміст кремнію в сталі. Тому для таких зливків рекомендовано використання сталей з 0,08 – 0,10 % кремнію замість широко застосовуваних сталей з кремнієм 0,17 – 0,37 %.

На сьогодні існуючі технології не завжди забезпечують потрібну якість великих ковальських зливків, що пов'язано із значним розвитком структурної, хімічної і фізичної неоднорідностей, що формуються в процесі кристалізації і структуроутворення, підвищеною забрудненістю металу великими неметалевими включеннями, зокрема в донній частині зливка, та розвитком інших неконтрольованих дефектів [5, 6].

Для покращення структури зливка застосовують також методи зовнішнього впливу на метал, що кристалізується. Серед них:

- оптимізація теплофізичних умов тверднення;

– введення макро- і мікрохолодильників, обігрів надливної частини зливка;

– фізичні впливи із застосуванням зовнішніх силових полів електромагнітного перемішування, продувки інертними газами, віброімпульсної, ультразвукової обробки, тощо.

Серед дефектів, що важко усуваються в зливках, слід відзначити \wedge -подібну, зональну \vee -подібну осьову сегрегації, а також донний конус від'ємної ліквації, в якому зосереджені великі неметалеві включення. Розвиток хімічної неоднорідності за висотою та перерізом великих зливків призводить до нестабільності механічних властивостей. Це викликає необхідність використання повторних операцій термічної обробки довгомірних виробів з метою усереднення характеристик механічних властивостей. Залежно від площі поперечного перерізу заготовок тривалість таких операцій може становити до 15 діб, що призводить до значних економічних втрат і зриву термінів виконання замовлень [7].

Не торкаючись механізмів та причин утворення дефектів, можна лише відзначити існування багатьох гіпотез і поглядів на причини і механізми їх формування і розвитку, пов'язані з особливостями кристалізації великих мас металу. Проте жодна з них не знайшла одностайного визнання фахівцями.

Роботами Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України встановлено можливість позитивного впливу на процес утворення донного конусу негативної ліквації при кристалізації ковальських зливків масою 12 т шляхом вібраційної обробки розплаву, що кристалізується при використанні вогнетривкої насадки (активатору), зануреної у надливну частину твердіючого зливка [8]. Подальші дослідження, аналіз режимів і параметрів такої обробки, а також якості макроструктури зливка свідчать про те, що максимальний позитивний вплив може бути досягнутий при віброобробці розплаву в режимі кавітації ендогенної інокуляції тверднучого розплаву. За рахунок обробки у розрахованому кавітаційному режимі встановлено значне розширення та збільшення протяжності в осьовому напрямі зони донного дрібнокристалічного конусу при практично повній відсутності зон забрудненості металевими включеннями, перерозподіл температурних полів за висотою зливка з переважаючим спрямуванням температурних градієнтів в бік надливу зливка, а також значне звуження зони осьової ліквації.

При цьому встановлено відсутність негативної ліквації в зоні донного конусу осадження, що відкриває можливості покращення якості донної частини ковальських зливків і значного підвищення виходу якісно придатних поковок. Слід відзначити також позитивний ефект ендогенної інокуляції тверднучого розплаву, зменшення об'єму та глибини розташування дефектів усадки у надливій і піднадливній частині зливка, звуження зони сегрегаційних шнурів, зменшення їх розмірів. Спостерігається подрібнення зерна та підвищення пластичності металу.

Таким чином позитивний ефект ендогенної інокуляції розплаву, що кристалізується, може бути успішно реалізований у масових технологіях

виробництва великих ковальських зливків, створює передумови усунення такого небезпечного і малодослідженого дефекту як Λ -подібна зональна сегрегація, підвищення фізико-механічних властивостей металу великих зливків і великогабаритних виробів з них.

Література

1. Кряковский Ю.В., Лебедев В.Н. Пути улучшения качества крупных слитков // Сталь. – 1979. – № 11. – С. 832 – 834.
2. Хохштейн Ф. Metallurgические способы улучшения свойств крупных кузнечных слитков // Черные металлы. – 1985. – № 17. – С. 10 – 14.
3. Дуб В.С. Исследование внецентренной ликвации и разработка методов подавления ее развития в крупных слитках. Автореферат дис. ... д.т.н.. ЦНИИТМАШ, 1980. – 20 с.
4. Ефимов В.А. Разливка и кристаллизация стали. – М.: Metallurgiya, 1976. – 522 с.
5. Suzuki K., Miyamoto T. Study on the formation of "A" segregates in Steel ingot // Trans ISIJ. 1978. 18. P.80.
6. Скок Ю.Я., Щеглов В.М., Козлова З.Л. Пути повышения химической однородности стальных слитков // Разливка стали в слитки. Сб. науч. тр. ИПЛ АН УССР. – Киев, 1987. – С. 10 – 15.
7. Зюбан А.Н. Исследование осевых дефектов кузнечных слитков и поковок из них валов роторов и турбогенераторов // Технология машиностроения. – 2010. – № 11. – С. 13 – 16.
8. Ефимов В.А., Щеглов В.М. Вибрационная обработка стальных слитков в процессе кристаллизации // Процессы разливки стали и качество слитка. Сб. науч. тр. ИПЛ АН УССР. – Киев, 1989. – С. 4 – 11.
9. Посламовская Ю.А., Жульев С.И., Горунев А.И. Исследование кристаллического строения донной части крупных кузнечных слитков // Известия Волгоградского ГТУ. Серия "Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении". Вып. 2. – Волгоград. – 2008. – № 10. – С. 152 – 154.

References

1. Kriakovskii, Ju.V., Lebedev, V.N. (1979). Puti uluchsheniia kachestva krupnyh slitkov [Ways to improve the quality of large ingots]. *Stal – Steel*, 11, p. 832 – 834 [in Russian].
2. Hohshtein, F. (1985). Metallurgicheskie sposoby uluchsheniia svoistv krupnyh kuznechnykh slitkov [Metallurgical ways to improve the properties of large forging ingots]. *Chernye metally – Ferrous metals*, 17, p. 10 – 14 [in Russian].
3. Dub, V.S. (1980). Issledovanie vnecentrennoi likvacii i razrabotka metodov podavleniia ee razvitiia v krupnyh slitkah [Research eccentric segregation and development of methods of suppression of development in large ingots]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. CNIITMASH [in Russian].
4. Efimov, V.A. (1976). *Razlioka i kristallizaciia stali* [Steel casting and crystallization]. Moskva: Metallurgiiia [in Russian].
5. Suzuki K., Miyamoto T. (1978). Study on the formation of "A" segregates in Steel ingot. *Trans ISIJ*, 18, p. 80. [in English].
6. Ckok, Ju.Ja., Shheglov, V.M., & Kozlova, Z.L. (1987). Puti povysheniia himicheskoi odnorodnosti stalnykh slitkov [Ways to improve chemical homogeneity of steel ingots]. *Proceeding sbornik nauchnykh trydov: Razlioka stali v slitki – Collection of scientific works: Pouring steel into ingots*. (p. 10 – 15). Kiev: IPL AN USSR [in Russian].

7. Ziuban, A.N. (2010). Issledovanie osevyh defektov kuznechnykh slitkov i pokovok iz nih valov rotorov i turbogeneratorov [Research axial defects of forging ingots and forgings of these rotor shafts and turbine generators]. *Tehnologiya mashinostroeniia – Technology of mechanical engineering*, 11, p. 13 – 16. [in Russian].
8. Efimov, V.A., & Shheglov, V.M. (1989). Vibracionnaia obrabotka stalnykh slitkov v processe kristallizatsii [Vibratory processing steel ingot during the crystallization process]. *Proceeding sbornik nauchnykh trydov: Processy razlivki stali i kachestvo slitka – Collection of scientific works: Steel casting and ingot quality*. (p. 4 – 11). Kiev: IPL AN USSR [in Russian].
9. Poslamovskaia, Ju.A., Zhulev, S.I., Gorunov, A.I., & Gamaniuk, S.B. (2008). Issledovanie kristallicheskogo stroeniia donnoi chasti krupnykh kuznechnykh slitkov [A study of the crystal structure of the bottom of the large forging ingots]. *Ser. Problemy materialovedeniia, svarki i prochnosti v mashinostroeniia – Ser. Materials Science Problems, welding strength and in mechanical engineering*. Vol. 2. Volgograd: Izvestiia Volgogradskogo GTU, 10. p. 152 – 154.

Одержано 13.09.16

В. М. Щеглов

К проблеме качества крупных кузнечных слитков

Резюме

Рассмотрены возможности образования и устранения наиболее опасных дефектов крупных кузнечных слитков. На основе литературных данных и собственных исследований показана перспективность улучшения качества стальных слитков при использовании виброинкуляционной обработки расплава в процессе кристаллизации.

V. M. Sheglov

On the problem of formation of large forge ingots

Summary

The problem of formation unwanted and hard-to-remove defects in large forge ingots are considered. The preliminary positive results of ingots quality study obtained at endogenous inoculation treatment of liquid melt at crystallization. Conclusions are made on the necessity of solving tasks to increase quality of large forging ingots.