

11. Литвиняк, Я. Моделивання впливу технологічних факторів на силові параметри процесу зубонарізання та точність циліндричних синусоїдальних зубчастих коліс [Текст]: зб. пр. / Я. Литвиняк, І. Грицай // Дев'ятий міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові. — Львів, 2009. — С. 196–198.
12. Грицай, І. Є. Підвищення ефективності процесу нарізання зубчастих коліс на основі радіально-обертового методу в умовах обкочування [Текст] / І. Є. Грицай, С. І. Громнюк // Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Важке машинобудування Проблеми та перспективи розвитку». — Краматорськ, 2013. — С. 44.
13. Грицай, І. Є. Моделивання параметрів зрізів, сил та моментів під час нарізання зубчастих коліс черв'ячними фрезами [Текст] / І. Є. Грицай // Машинознавство. — Львів, 1998. — № 7. — С. 19–23.
14. Грицай, І. Є. Параметри поперечного перерізу зрізів в радіально-обкочувальному способі нарізання зубчастих коліс з осовою подачею [Текст] / І. Є. Грицай, С. І. Громнюк, А. М. Кук // Вісник НУ «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і техн. контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. — Львів, 2014. — № 772. — С. 8–14.

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ ВВЕДЕНИЕМ УПРАВЛЯЕМОГО ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

В статье сформулированы существующие проблемы в отрасли зубообработки и показана возможность повышения технического уровня зубофрезерных станков уменьшением их массы и энергозатрат на основе радиально-кругового способа нарезания зубчатых колес тонкой дисковой фрезой. Показано, что усовершенствование этого способа возможно введением управляемого привода перемещения фрезы на основе шагового двигателя, обеспечивающим повышение качества и точности изготовления зубчатых колес.

Ключевые слова: зубофрезерование, радиально-круговой способ, шаговый двигатель, управляемый привод, автоматизация, технический уровень.

Громнюк Сергій Іванович, аспірант, кафедра технології машинобудування, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: s.hromnyuk@spenergo.com.ua.

Громнюк Сергей Иванович, аспирант, кафедра технологии машиностроения, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.

Hromniuk Serhii, National University «Lviv Polytechnic», Ukraine, e-mail: s.hromnyuk@spenergo.com.ua

УДК 621.74

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.28108

Коваль О. С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСТРУКТУРЫ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЧУГУНА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО КАЧЕСТВА

В статье приведен анализ существующей системы качества в литейном производстве. Предложены методы оценки микроструктуры с целью управления качеством отливок из синтетического чугуна. Критерием качества для проведения исследований был выбран графит. Исследования в данной области позволят снизить вероятность выхода бракованных изделий и улучшить физико-механические свойства литых деталей.

Ключевые слова: система качества, микроструктура, графит, математическая модель.

1. Введение

Важнейшей задачей отечественной металлургии является проработка всех структурных составляющих системы качества техпроцесса в литейном производстве, начиная с выбора шихтовых материалов и заканчивая контрольными испытаниями готового изделия. Существенная проблема в цепи операций по обеспечению качества продукции литья — это получение металла с заданным набором параметров: квинтэссенция необходимых механических свойств, химсостава и параметров микроструктуры. Актуальным является создание эффективного аппарата по достижению высокого качества отливок через построение зависимости микроструктуры готового изделия от химического состава расплава.

2. Цель и задачи исследования

Целью работы является анализ существующей системы качества, а так же построение методик исследования микроструктуры, позволяющих создать математическую модель как аппарат качества, описывающего влияние химического состава в чугуне на механические свойства в ходе исследования его микроструктуры.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести серию экспериментальных плавов в промышленных условиях.
2. Произвести анализ микроструктур.
3. Предложить методики оценки микроструктуры, позволяющие в дальнейшем создать математические модели зависимости химического состава механических свойств и микроструктуры при выплавке чугуна.

3. Анализ существующих данных и постановка проблемы

Согласно ГОСТ 15467-79 [1], качество — совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенным потребностям в соответствии с назначением. Там же замечено, что качество продукции напрямую зависит от качества материала.

При управлении качеством продукции, промышленность стремится охватить все этапы ее жизненного цикла как единого целого с учетом их взаимной связи. Перед технологами стоит задача усовершенствовать этот процесс, что позволит увеличить процент выхода годного литья, получать точную продукцию с заданными выходными параметрами, снизить материалоемкость деталей.

Однако специфика сложных систем заключается в том, что даже использование современных ЭВМ и математических методов оптимальных решений, не позволяет полностью формализовать и построить однозначную комплексную математическую модель качества. Частично это связано с ограниченностью располагаемых ресурсов ЭВМ (хотя возможности последних стремительно растут), с вероятностным характером (в пространстве и времени) ряда первичных факторов, с другой стороны — с разнохарактерностью первичных факторов, различиями в степени их изученности и моделирования, что требует элементов субъективизма на этапе построения обобщенного критерия.

Все это приводит к необходимости выделения последовательности частных задач для отдельных этапов и показателей качества с итеративным решением в виде последовательных приближений. На каждом этапе может быть построена более точная математическая модель, выделены параметры варьирования и ограничения, сформулирована цель.

Различают три уровня систем управления качеством: систему всеобщего менеджмента качеством (TQM); международная система стандартов ISO; системы, соответствующие критериям национальных или международных (региональных) премий по качеству [2]. Для управления микроструктурой чугуна используется последняя система, а именно ГОСТ 3443-87 [3], который не дает возможности оперировать химическим составом и модифицирующими добавками так, чтоб на выходе получать заданную микроструктуру с необходимыми механическими свойствами материала.

На сегодняшний день в Украине понятие качества превозносится на высшую ступень. Однако из-за пока еще достаточно слабых рыночных стимулов внутри Украины неразвитый рынок не в силах полноценно исполнять роль механизма обеспечения качества. Но отмечается рост роли централизованной, целенаправленной деятельности по обеспечению качества на внутреннем рынке. Естественно, в построении системы качества мы должны ориентироваться на зарубежный опыт производства, однако в силу низкой финансируемости промышленности необходимы толчки на пути повышения качества, которые не требовали бы больших затрат, однако позволили бы существенно повлиять на производство.

Именно таким толчком в производстве чугунных отливок представляется построение математических моделей, направленных на получение качественной продукции и на снижение вероятности выхода бракованной продукции.

Вопросы, связанные с управлением механическими свойствами чугуна посредством выбора модификаторов и рациональных режимов модифицирования, поднимались в ряде иностранных научных публикаций [4–6]. В частности, в них нашли отражение вопросы получения математического описания связи выходных и входных переменных в виде уравнений типа «состав — свойство». Обобщение результатов таких исследований хорошо представлено в работе [7] в виде номограмм нескольких уровней, позволяющих обоснованно выбирать модификатор исходя из требований к механическим свойствам чугуна и фактического времени выдержки модифицированного чугуна до его заливки в формы. Развитием опубликованных результатов, ориентированным на учет факторов структурообразования, можно считать работы [8–10], в которых нашли отражение вопросы поиска корреляций между структурными составляющими в чугунах, обработанных различными типами модификаторов. Результаты этих работ могут быть использованы для дальнейшего развития вопросов, связанных с построением математических моделей, пригодных для прогнозирования качества чугуна на этапе его выплавки.

4. Особенности подготовки эксперимента

Экспериментальная плавка проводилась в чугунолитейном цеху ВАТ «Кременчужский завод дорожных машин». Плавку вели в индукционной тигельной печи ИСТ 1/0.8-М5 с кислой футеровкой в соответствии с технологическими требованиями. Расчет шихты осуществлялся в соответствии с требованиями к химическому составу чугуна. Температура чугуна перед модифицированием находилась в диапазоне 1400–1450 °С. Обработка расплава модификаторами осуществлялась в ковше фракцией 1–10 мм в количестве 0,3 % от массы жидкого металла (3 кг на 1 т) после заполнения ковша на 100–150 мм. Модификаторы применялись в форме пластин с толщиной 0,5–3 мм и максимальными размерами до 50 мм, по технологии «чипс-модифицирования». Обоснованием к выбору типа модификатора предпринятием являлись результаты научных исследований, а так же исходя из теоретических знаний о формировании, росте и распределении графитовых включений в чугуне.

5. Исследование микроструктуры чугуна по критерию качества — размер графита

В результате анализа микроструктур чугуна основным показателем качества было принято выбрать размер графита и его распределение. Была создана представительная выборка данных по размеру графита, который снимался вдоль секущих микроструктуры. Секущие строились с частотой в 5 мм на микроструктуре × 800. Построены диаграммы для проверки закона нормального распределения:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}},$$

где σ и m — среднее квадратическое отклонение и математическое ожидание величины x соответственно.

На рис. 1 показаны некоторые результаты.

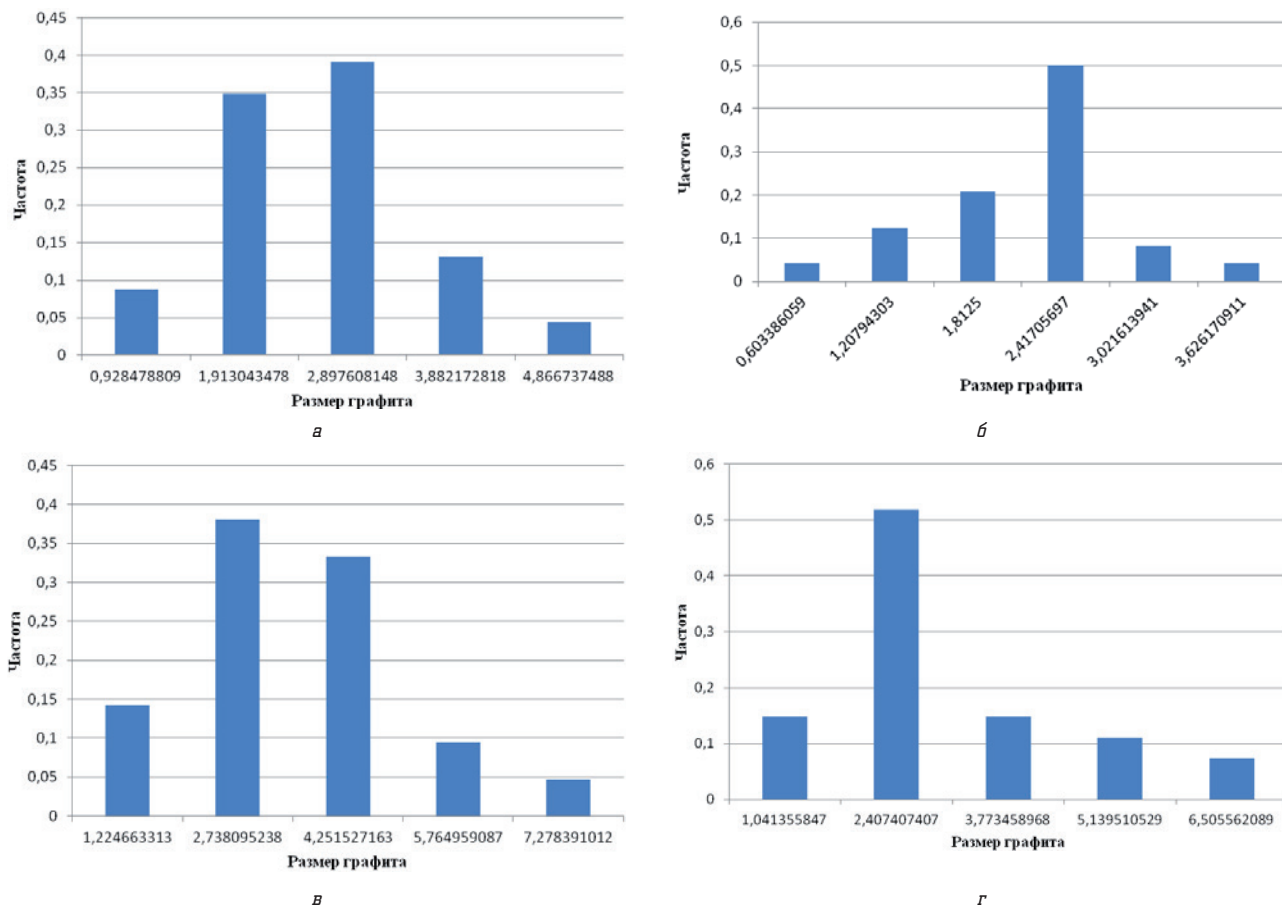


Рис. 1. Диаграмма распределения графита: а — пример 1; б — пример 2; в — пример 3; г — пример 4

На рис. 2 отображена диаграмма распределения графита по все выборке. В качестве примера приведен случай, где шаг интервала равен 0,5.

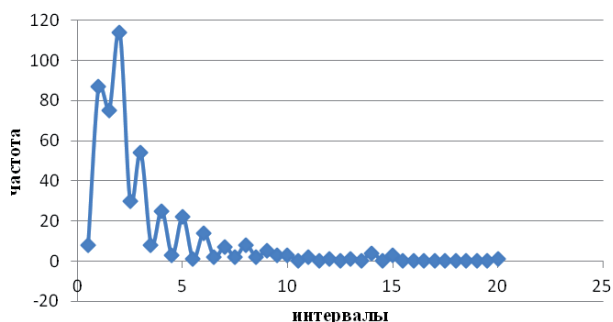
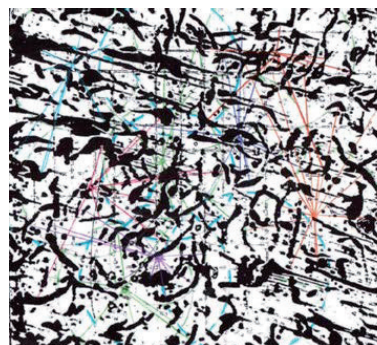


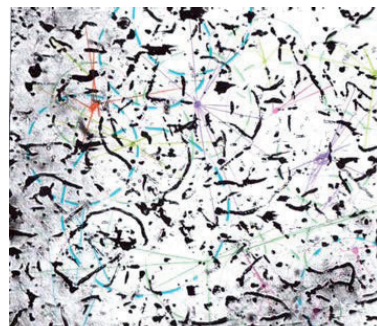
Рис. 2. Диаграмма распределения графита. Пример 5. Шаг интервала равен 0,5

Были проведены так же теоретические исследования, основанные на методе наименьших квадратов. Мы предположили, что по выпуклостям и вогнутостям включений графита можно определить их центры кристаллизации.

Работа заключалась в нахождении пересечения перпендикуляров к секущим выпуклостей. На рис. 3, а, б видно, что перпендикуляры, построенные к секущим некоторым ярко выраженным включениям графита, пересекаются в одной точке. Значит, имея две координаты локализации центра кристаллизации, можно найти и третью, т. е. глубину.



а



б

Рис. 3. Наглядный пример поиска предположительных центров кристаллизации: а — № 1; б — № 2

Далее, согласно расположению перпендикуляров, определялась предположительная область роста графитового

дендрита. Затем был произведен расчет по методу наименьших квадратов. В готовые группирующие окружности вписывали квадраты. На рис. 4 изображен пример в Декартовых координатах.

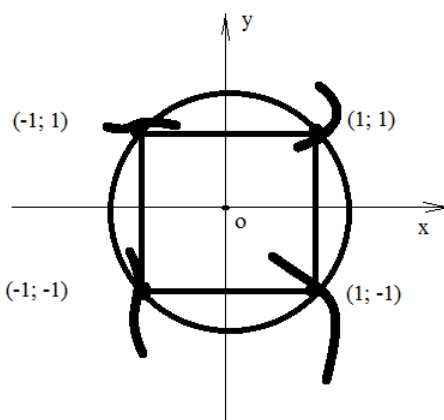


Рис. 4. Расположение графитовых включений относительно системы координат

Имея набор экспериментальных данных, можно построить математическую модель с применением метода наименьших квадратов. Моделирование основано на представлении модели в виде полинома:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2, \tag{6}$$

где a_0, a_1, a_2 — коэффициенты; x_1, x_2 — факторы технологического процесса, $-/+1$; y — характеристика эффективности.

7. Выводы

В результате проведенных исследований мы получили следующие результаты: 1) в результате анализа микроструктур графит был выбран как основной критерий качества. Проверка гипотезы о соответствии закона распределения размера графита в осевой зоне и на периферии образцов из чугуна, модифицированного различными типами модификаторов, нормальному закону распределения, позволила сделать вывод о приближении реального закона распределения к нормальному; 2) были предложены методики оценки микроструктуры, позволяющие в дальнейшем создать математические модели влияния входных параметров химического состава на выходные параметры при выплавке чугуна. А именно на его структуру и механические свойства. На сегодняшний день это является важнейшей задачей на пути повышения качества изготавливаемой продукции, так как разрешение ее позволит управлять структурой чугуна так, чтобы получить лучшие механические свойства, а, следовательно, уменьшить металлоемкость деталей и уменьшить процент выпуска бракованных отливок.

Литература

- ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции [Текст]. — М.: Издательство стандартов, 1987. — Режим доступа: \www/URL: <http://vsegost.com/Catalog/31/31626.shtml>.
- Шиндовский, Э. Статистические методы управления качеством [Текст]: пер. с нем. / Э. Шиндовский, О. Шорц. — М.: Мир, 1976. — 314 с.
- ГОСТ 3443-87. Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры [Текст]. — М.: Стандартиформ, 2008. — Режим доступа: \www/URL: <http://ostapbenderx.narod.ru/Index/52/5239.htm>.
- Demin, D. A. Complex alloying of grey cast iron [Text] / D. A. Demin, V. F. Pelikh, O. I. Ponomarenko // Litejnoe Proizvodstvo. — 1998. — № 10. — P. 18–19.
- Demin, D. A. Change in cast iron’s chemical composition in inoculation with a Si-V-Mn master alloy [Text] / D. A. Demin // Litejnoe Proizvodstvo. — 1998. — № 6. — P. 35.
- Demin, D. A. Optimization of the method of adjustment of chemical composition of flake graphite iron [Text] / D. A. Demin, V. F. Pelikh, O. I. Ponomarenko // Litejnoe Proizvodstvo. — 1995. — № 7–8. — P. 42–43.
- Дьомін, Д. О. Деякі аспекти управління якістю чавуна з пластинчастим графітом [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.16.04 / Д. О. Дьомін; [Харківський політехнічний інститут ХПІ]. — Х., 1995. — 24 с.
- Демін, Д. А. Статистическое моделирование зависимостей между структурными составляющими чугуна, модифицированного ферросилицием [Текст] / Д. А. Демин // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. — 2000. — № 119. — С. 36–39.
- Демін, Д. А. Статистическое моделирование зависимостей между структурными составляющими и твердостью чугуна, модифицированного ферросиликованадием [Текст] / Д. А. Демин // Процессы литья. — 2001. — № 2. — С. 55–58.
- Демін, Д. А. Сравнительная оценка эффективности модифицирования чугуна комплексными модификаторами [Текст] / Д. А. Демин // Вестник Национального технического университета «ХПИ». — 2004. — № 39. — С. 72–76.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОСТРУКТУРИ СИНТЕТИЧНОГО ЧАВУНУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЯКОСТІ

У статті наведено аналіз існуючої системи якості в ливарному виробництві. Запропоновано методи оцінки микроструктури з метою управління якістю виливків із синтетичного чавуну. Критерієм якості для проведення досліджень був обраний графіт. Дослідження в даній області дозволять знизити ймовірність виходу бракованих виробів і поліпшити фізико-механічні властивості литих деталей.

Ключові слова: система якості, микроструктура, графіт, математична модель.

Коваль Оксана Сергеевна, аспірант, кафедра литейного виробництва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: koval.oxana@yandex.ru.

Коваль Оксана Сергіївна, аспірант, кафедра ливарного виробництва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.

Koval Oksana, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: koval.oxana@yandex.ru