

продукции увеличился на 10 %, при этом снижение себестоимости продукции, с учетом проведения гомогенизирующего отжига, составило 7 %.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Гомогенизирующий отжиг позволил достичь уровня карбидной сегрегации, необходимого для выполнения контрактных требований CZ6 не более 6,3 и CZ7 не более 7,4.

2. Анализ аварийного брака показал, что ключевым фактором, негативно влияющим на качество заготовки, является высокий градиент температур и водоохлаждаемая балка, места соприкосновения с которой являются местами зарождения трещин. Для снижения вероятных причин брака была проведена корректировка режима гомогенизации.

3. Эффективностью проведения гомогенизирующего отжига является снижение себестоимости продукции на 7 % и увеличение выхода годной продукции с уровнем карбидной неоднородности в готовом сорте CZ6 (не более 6,3) и CZ7 (не более 7,4) на 10 %.

Литература

1. Бокштейн, Б. С. Атомы блуждают по кристаллу / Б. С. Бокштейн. – М. : Наука, 1984. – 208 с.
2. Чередниченко, В. С. Материаловедение / В. С. Чередниченко. – М. : Омега-Л, 2008. – 752 с.
3. Темлянцев, М. В. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением / М. В. Темлянцев, Ю. Е. Михайленко. – М. : Теплотехник, 2006. – 200 с.
4. Тлустенко, С. Ф. Теория и режимы нагрева и термообработки заготовок и деталей в процессах ОМД / С. Ф. Тлустенко. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 80 с.
5. Савченко, С. А. Анализ влияния деформационных параметров прокатки на качество прутка из шарикоподшипниковой стали в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ» / С. А. Савченко, И. В. Астапенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – С. 116–119.
6. ГОСТ 21014–88. Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности.
7. Савченко, С. А. Совершенствование технологического процесса горячей прокатки шарикоподшипниковых сталей в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ» УКХ «БМК» / С. А. Савченко, И. В. Астапенко // Беларусь в современном мире : материалы XII Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 16–17 мая 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Гомел. обл. орг. о-ва «Знание» ; под общ. ред. В. В. Кириенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – С. 282–285.
8. Исследование дефектов непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм и причин их образования в условиях ОАО «БМЗ» / И. А. Ковалева [и др.] // Литье и металлургия. – 2012. – № 3. – С. 59–62.

УДК 669.27:519

РАСШИРЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ ОТЛИВОК НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ НЕЙРОСЕТЕЙ

И. Б. Одарченко, В. А. Жаранов, И. Н. Прусенко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Многокритериальная оценка технологической сложности отливок служит основой для выбора способа проектирования литниково-питающих систем (ЛПС)

и степени проработки вопросов литейной гидравлики методами математического моделирования.

Для построения классификатора технологической сложности необходимо определить, какие параметры (рис. 1) влияют на принятие решения о том, к какому классу принадлежит образец. Для оценки технологической сложности изготовления отливок предлагается методика с выделением следующих групп оценочных параметров, влияющих на технологические параметры и сложность изготовления.



Рис. 1. Группы параметров оценки технологической сложности отливки/литейной технологии

Процедура классификации была разработана на основе применения методов кластерного анализа с использованием нейронных сетей. Такой подход позволил перейти от интуитивных методов анализа выборки классифицируемых деталей к использованию строгого математического алгоритма анализа всего набора обрабатываемых объектов. Данный подход предполагает создание нейронных моделей анализа на стадии проектирования литых деталей с последующим внедрением в производственный процесс.

Для классификации деталей сеть обучается важнейшим их признакам, таким как геометрическая форма, относительное расположение важнейших элементов, площадь и характерные размеры отдельных элементов и т. д. В процессе обучения выделяются признаки, отличающие детали друг от друга, которые и составляют базу для принятия решений об отнесении деталей к соответствующим классам.

Конструкторско-технологическая классификация отливок может использоваться при технологической подготовке производства для анализа и группирования номенклатуры, с последующей разработкой типовых групповых технологических процессов и операций с применением компьютерной техники.

Разработанный комплексный метод (рис. 2) определения конструктивно-технологической сложности включает несколько уровней точности оценки, характеризующихся разным уровнем детализации информации.

С применением методов компьютерного нейросетевого анализа оптимизация технологий и конструкторская проработка проекта ведется одновременно и парал-

тельно, базируясь на параметризации геометрических моделей. Параметрические функции обеспечивают идентичность размеров во всех электронных документах, связанных с изменяемой 3D моделью, быстро и точно изменяют конструкторскую и технологическую документацию, когда в цифровую модель вносятся изменения.

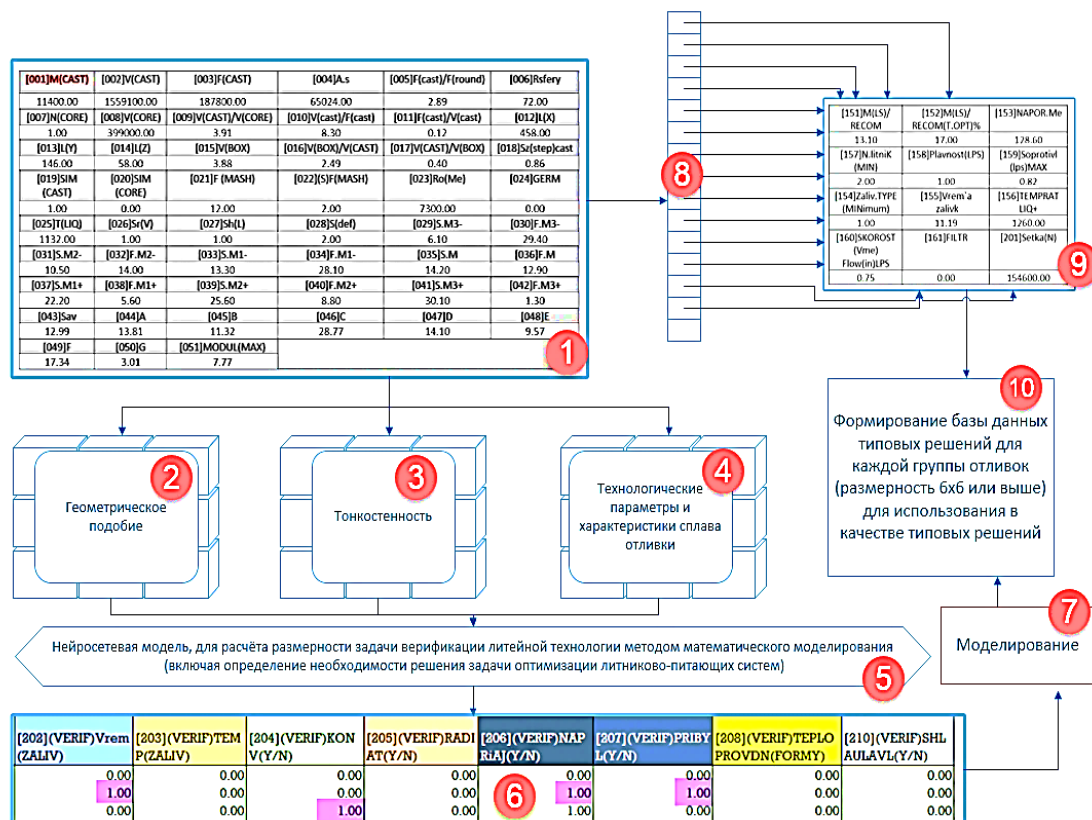


Рис. 2. Общий алгоритм применения разработанной методики при проектировании и оптимизации литниково-питающих систем:

- 1 – исходные параметры; 2 – модель оценки подобия; 3 – модель оценки тонкостенности; 4 – модуль технологической оценки; 5 – модуль планирования расчетов; 6 – план экспериментов; 7 – моделирование (модуль анализа); 8 – матрица классификации; 9 – блок технологических рекомендаций; 10 – база технологических решений (шаблонов)

Так, опыт применения методов определения интервальной оценки толщины отливок (рис. 3) на машиностроительных предприятиях показывает высокий уровень реализации потенциала таких программ. Основные возможности дополняются значительным повышением качества проектных работ как при подготовке производства самих отливок, так и при выпуске технологической оснастки на стержни и иные элементы литейной технологии. Очевидно также, что потенциал внедрения таких продуктов существует в том числе при проектировании конфигурации литниково-питающих систем, поскольку также дает возможность находить массивные или тонкие элементы в литниках и прибылях.



Рис. 3. Формирование интервальной оценочной базы данных по толщине отливок

Возможность качественного разбиения отливок на группы и подгруппы и однозначной классификации конкретной детали позволяют распространить применение удачных технологических решений и алгоритмы компьютерной проверки (с использованием программ моделирования технологии) качества на все отливки, для которых принципиально есть возможность получения в данных производственных условиях.

Групповая нейросетевая классификация, обеспечивающая выделение групп подобных отливок, позволяет создать универсальный инструмент, разделяющий детали по важнейшим признакам. Она позволяет быстро (после числового описания геометрии детали) получить ответ на ряд производственно важных вопросов, в частности: оценить себестоимость получения отливки; сделать заключение о целесообразности выпуска данной детали определенным методом литья; применить типовую технологию и шаблон литниково-питающей системы из существующей базы данных.

Благодаря внедрению инструментов, обеспечивающих фактически параметрическое редактирование моделей ЛПС, их адаптация к производству конкретной отливки сокращается в несколько раз. Для технологически подобных отливок успешные, ранее разработанные и апробированные решения можно использовать повторно, с оперативной доработкой параметризованных трехмерных моделей. Такое проектирование осуществляется быстрее, поскольку позволяет эффективно использовать существующие на предприятии базы 3D моделей ЛПС.

Потенциальная эффективность нейросетевых моделей заключается в том, что с их помощью можно сделать применение программ для численного моделирования литейной технологии значительно более результативным. Это обеспечивается за счет того, что моделирование на основе метода робастного планирования Тагучи проводят только для отливок определенного класса, с вычислением по результатам регрессионного анализа комплекса оптимальных технологических параметров процесса литья.

УДК 621.745

УСТАНОВКА СЛИВА МЕТАЛЛА ИЗ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ВАГРАНОК

В. А. Жаранов, А. Э. Гордеенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Современные минераловатные вагранки закрытого типа являются наиболее распространенными агрегатами в промышленности строительных материалов. К числу их достоинств относятся высокая удельная производительность по расплаву