

от включений в аналогичных слоях стали 40X. ДюрOMETрическими исследованиями установлено, что микротвердость поверхности слоев обеих сталей не отличается при одинаковом времени насыщения углеродом – 8500 МПа после 8-часового и 7400–7500 МПа после 12-часового. Испытаниями на контактную усталость определено, что зависимости изнашивания исследуемых слоев после 8-часовой цементации в условиях воздействия пульсирующих напряжений амплитудой 1300 МПа имеют близкое распределение. Общая стойкость слоев составила 17200 циклов. Увеличение времени науглероживания привело к повышению стойкости слоев. Для слоя стали 42CrMoS4 данный показатель оказался больше на 6 %, а для слоев стали 40X этот показатель увеличился на более значительную величину – 44 %. Механизм разрушения материала науглероженных слоев обеих сталей оказался одинаковым. Изнашивание сопровождается возникновением и ростом трещин контактной усталости с последующим образованием питтингов в области контактирующих поверхностей образцов с контртелом.

Л и т е р а т у р а

1. Степанкин, И. Н. Применение конструкционных сталей с диффузионным упрочнением поверхности для производства мелкогабаритного штампового инструмента / И. Н. Степанкин, Е. П. Поздняков, О. Г. Девойно // Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки : тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., Минск, 7–8 апр. 2016 г. / редкол.: В. К. Шелег (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Бизнесофсет, 2016. – С. 142–144.
2. Устройство для испытания на контактную усталость и износ : пат. ВУ 7093 / И. Н. Степанкин, В. М. Кенько, И. А. Панкратов. – Оpubл. 28.02.2011.
3. Повышение эксплуатационных характеристик зубчатых колес карьерных самосвалов посредством оптимизации режимов химико-термической обработки / С. П. Руденко [и др.] // Литье и металлургия. – 2013. – № 2 (70). – С. 110–114.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА В КЛАССИФИКАЦИИ СЛОЖНОСТИ ОТЛИВОК

И. Н. Прусенко, В. А. Жаранов

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

Научный руководитель И. Б. Одарченко

Основной задачей автоматизации процесса проектирования литниково-питающей системы является классификация отливок на основе проектно-технологических и геометрических характеристик. Выбор этих характеристик для каждой отливки является сложной математической задачей. В настоящее время не существует универсальной системы признаков, характеризующей все возможные отливки, позволяющей решить задачи классификации литых деталей.

Одним из способов решения этой проблемы является выбор оптимальных наборов конструктивных и технологических особенностей для каждого класса отливок. Чем больше количество признаков, тем меньше могут быть наборы конструктивных и технологических особенностей, которые вводятся в комплекс выбора литниковой системы.

Типовая классификация сложности отливок из железоуглеродистых сплавов представляет собой шесть групп. Очевидно, что подобная классификация для мелких и средних отливок в соответствии со сложностью геометрии является недостаточной. Современные программные продукты позволяют проводить исследование геометрических характеристик и деталей на этапе технологической подготовки и готовых отливок (3D моделей) исходя из точного описания основных элементов

геометрии и соответственно формировать на базе комплекса вычисляемых характеристик группы сложности (25–36 групп) методом кластерного анализа с использованием нейронных сетей (классификационная сеть).

Для построения классификатора необходимо определить, какие параметры влияют на принятие решения о том, к какому классу принадлежит образец. Для оценки технологической сложности изготовления отливок предлагается методика с выделением следующих технологически значимых групп оценочных параметров, влияющих на технологическую сложность изготовления отливок: толщина стенок отливки (C_T), конфигурационная сложность (C_K), эксплуатационные требования (C_3), размерные параметры виртуальной геометрической модели (C_B), материал отливки (C_M), симметричность конструкции отливки (C_C), допускаемые дефекты (C_D). Обозначенные параметры позволяют наиболее полно оценить технологическую сложность изготовления отливок.

При работе со специализированными пакетами программ, для расчета и проектирования литейных технологий указанная группа параметров может быть рассчитана автоматически, по данным трехмерной модели отливки, с дополнением за счет ввода данных с использованием программных анкет.

Решение проблемы классификации и выбора технологических параметров при изготовлении отливок может быть выполнено с использованием методов нейронных сетей, воспроизводящих отказоустойчивую и «способную к обучению» биологическую нейронную систему, путем моделирования низкоуровневой структуры мозга.

Нейрон получает сигналы от многих источников. Такие источники обычно содержатся в исходных данных и называются входными переменными, или просто входами. Входы зависят от синаптических связей, каждая из которых имеет определенную силу, называемую весом. Сила связи или вес представляется числом. Чем больше значение веса, тем сильнее его входной сигнал и, следовательно, тем большее влияние оказывает соответствующий вход на выходной результат сети. После того, как входные сигналы заданы, взвешенная сумма входов преобразуется согласно функции активации нейрона. Активация нейрона является математической функцией, которая преобразует взвешенную сумму входных сигналов в выходной сигнал, формируя тем самым выход нейрона. Выход нейрона фактически представляет собой значение прогноза нашей модели [1].

При классификации отливок нейронная сеть обучается по важнейшим параметрам технологии, таким как характеристики файла 3D модели отливки, особенностям заполнения формы расплавом, требованиям к качеству изготовления и допускаемым дефектам и др. При этом информация о каждой отливке представлена в виде вектора конструктивных и технологических характеристик, которые наиболее достоверно соответствуют требованиям моделирования нейронной сети (рис. 1).

Общий алгоритм применения методики компьютеризированной оценки сложности отливок заключается в формировании базы данных, кластеризации данных по тонкостенности, геометрическому подобию, технологическим параметрам и характеристикам сплава отливок (см. рис. 1), в использовании нейронной сети для расчета задачи верификации литейной технологии методом математического моделирования, прогнозирования параметров для верификации, моделирования, расчете технологических параметров, формирований базы данных типовых решений для каждой группы отливок.

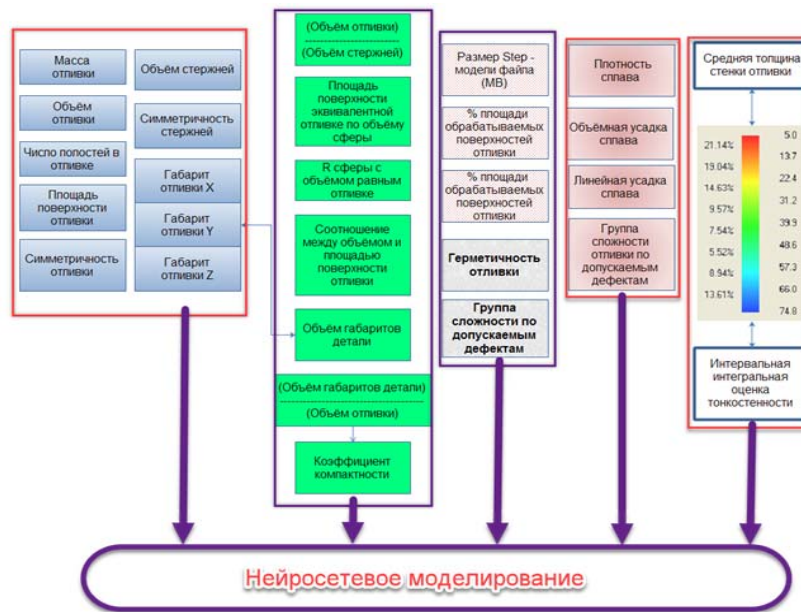


Рис. 1. Формирование базы данных для нейросетевого моделирования

Согласно данной методике проанализировано 450 3D моделей отливок, различных по конструктивному исполнению, сложности, характеристике сплава, тонкостенности и др., что позволило сформировать базу данных (рис. 2) для обучения нейронной сети. При этом использовались данные, полученные при лабораторных испытаниях (в том числе с применением методов планирования эксперимента), накопленные на производстве, полученные в результате численного моделирования.

№	ОТЛИВКА/СТЕРЖЕНЬ	ДЛИНА, мм	ШИРИНА, мм	ВЫСОТА, мм	ОБЪЕМ ОПИСАННОЙ ЗАГОТОВКИ, мм3	ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ, мм2	ОБЪЕМ	ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ ОПИСАННОЙ ЗАГОТОВКИ, мм2	К УСТОЙЧИВОСТИ	К МАССИВНОСТИ	V ТОНКОСТЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
180	КЗК 12-0123201	399,97	399,83	70,63	112951983	324032,643	193737	456895,65	0,58	1,49	0,0
181	КЗК-12-0123201_S	387,01	383,87	103,63	153957243	317569,483	694021				
182	КЗК 10-0109101	319,61	319,61	208	21248010	368044,362	493461				
183	КЗК-10-0109101_S	139,83	139,83	293	5728997,53	135524,683	318601	202985,62	0,28	0,47	0,0

Рис. 2. Фрагмент базы данных исследуемой номенклатуры отливок

После чего была построена, обучена нейронная сеть и произведен кластерный анализ по группам параметров отливок, формирующих их сложность (рис. 3).

Входы	Таблица весов (1 в 7IE(BE)3(stw) Нейросеть: 1.SOFM 20-36)											
	(1, 1)	(1, 2)	(1, 3)	(1, 4)	(1, 5)	(1, 6)	(2, 1)	(2, 2)	(2, 3)	(2, 4)	(2, 5)	(2, 6)
[001]M(CAST)	0.030859	0.046466	0.011364	0.002711	0.051018	0.293941	0.033458	0.299142	0.443461	0.169967	0.123580	0.000000
[002]V(CAST)	0.011123	0.096032	0.061084	0.041674	0.109698	0.630708	0.043811	0.174882	0.333333	0.442933	0.100000	0.000000
[003]F(CAST)	0.002171	0.240021	0.021130	0.082617	0.111465	0.042944	0.105500	0.560237	0.139099	0.101019	0.305597	0.007750
[004]A_s	0.006438	0.192487	0.024103	0.125876	0.083830	0.074104	0.160989	0.872884	0.201383	0.100000	0.329248	0.012620
[006]Rsfery	0.008332	0.002284	0.020042	0.255053	0.016080	0.291095	0.216127	0.282787	0.321001	0.010934	0.100000	0.019854
[007]N(CORE)	0.061354	0.042280	0.030495	0.424760	0.034214	0.159608	0.127629	0.197008	0.432797	0.000000	0.100000	0.030477
[008]V(CORE)	0.021594	0.082637	0.058831	0.037370	0.082964	0.334853	0.028558	0.094769	0.607457	0.100000	0.100000	0.045686
[011]F(cast)V(cast)	0.025049	0.127547	0.071124	0.047538	0.125295	0.741638	0.054085	0.193169	0.575532	0.600000	0.100000	0.000000
[010]V(cast)F(cast)	0.014671	0.227286	0.006917	0.165459	0.216179	0.100604	0.122777	0.168950	0.098591	0.112871	0.100000	0.002002

Рис. 3. Фрагмент полученных результатов значений активации нейронов модели кластеризации

Разработанная технология нейросетевого моделирования может быть адаптирована к конкретным технологическим условиям. В этом случае, при наличии накопленной базы данных по технологическим параметрам, можно проводить не только оценку технологичности, но также выполнять точное прогнозирование себестоимости и связанных технико-экономических показателей производства, а в общем случае определять рациональность производства конкретной отливки на определенной автоматической линии, исходя из актуальных макроэкономических параметров.

Созданы функциональные блоки программного комплекса для реализации интегрированного набора проектных и расчетных процедур автоматизированной разработки литейной технологии на основе использования машинных средств геометрического моделирования гидравлических и гидродинамических процессов, диагностики и численной оптимизации проектных решений. Их применение, по нашему мнению, позволяет на порядок сократить количество необходимых расчетов, за счет определения, для конкретной отливки, критически важных, с точки зрения формирования показателей качества, параметров технологии. На практике это позволит сократить время, материальные и трудовые ресурсы на отработку технологического процесса в условиях массового производства.

Литература

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин ; пер. с англ. Н. Н. Куссуль, А. Ю. Шелестова. – 2-е изд., испр. – М. : Вильямс, 2008. – 1103 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТПУСКА НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПОКАЗАТЕЛИ ТВЕРДОСТИ ЦЕМЕНТОВАННЫХ СЛОЕВ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ 40Х

А. А. Кривенкова, Е. П. Поздняков, А. В. Астрейко

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

А. В. Радионов

*ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин,
Республика Беларусь*

Научный руководитель И. Н. Степанкин

Введение. Для деталей машин и инструментальной оснастки, работающих в условиях усталостного изнашивания, согласно ГОСТ 21354–87 основным параметром является износостойкость материалов. В отношении сталей основным параметром повышения износостойкости является твердость, которая повышается с увеличением углерода в ней. На способность материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях циклического нагружения немаловажную роль оказывает морфология и размеры включений, а также их равномерное распределение в металлическом каркасе, который является основным несущим элементом при воздействии внешних нагрузок. Самым распространенным технологическим процессом упрочнения сталей и повышения их износостойкости является цементация [1]. Но после окончательной термической обработки твердость сердцевины деталей редко превышает 40 HRC. Повышенную несущую способность сердцевины можно получить при науглероживании среднеуглеродистых сталей, закаляемость которых может превышать 50 HRC [2].