

Последние десятилетия были отмечены значительным ростом производительности, точности и долговечности станков при одновременном снижении их металлоемкости. Это вызывает существенное повышение требований к эксплуатационным и технологическим свойствам станочных материалов.

Для базовых деталей станков используют нетрадиционные материалы — полимерный бетон (синтегран), натуральный гранит и др. Для улучшения качества рабочих поверхностей деталей применяют накладные стальные направляющие, антифрикционные полимерные композиционные материалы, газотермические покрытия.

Однако одним из основных конструктивных материалов в станкостроении остается чугун. Это объясняется, во-первых, его высокими эксплуатационными и технологическими свойствами и, во-вторых, потенциальными возможностями, которые далеко не исчерпаны.

Качества чугуна позволяют максимально приспособить его к конкретной области применения. При этом возможно усилить ряд свойств чугуна, наиболее важных в каждом данном случае, путем некоторого ослабления других менее значимых его свойств. Чугуну как литейному конструкционному сплаву для станкостроения посвящены многочисленные работы литейной лаборатории ЭНИМСа¹.

При проектировании чугунных базовых деталей станков возникают две взаимосвязанные задачи: 1) обеспечить требуемые эксплуатационные характеристики деталей; 2) обеспечить необходимые условия получения годной отливки благодаря технологичности ее конструкции.

При решении этих задач определяют конструктивно-технологические параметры деталей (толщину δ необрабатываемых стенок и приведенную толщину R направляющих при данных габаритных размерах), а также выбирают вид чугуна (традиционный, легированный или модифицированный) и его марку.

Как показали исследования, фактическая толщина стенок базовых деталей станков отечествен-

ного производства в среднем на 20 % больше, чем у станков промышленно развитых стран, причем последняя близка к конструктивно необходимой. Очевидно, это связано с уровнем литейной технологии и экономическими факторами.

Исследования износостойкости чугунных направляющих деталей станков позволили установить зависимости износа от твердости и микроструктуры чугуна, сформулировать технические требования к чугуну базовых деталей станков и создать ОСТ "Отливки из серого чугуна для станкостроения. Технические условия".

К чугуну направляющих базовых деталей станков предъявляют следующие общие технические требования по условию их высокой износостойкости: длина включений графита не более 250 мкм; распределение включений равномерное; для деталей, не подвергаемых упрочнению и закаленным, твердость $\geq 180 \text{ HB}$ и $\geq 48 \text{ HRC}$ соответственно; состав металлической основы — перлит и мартенсит тонкоиглочатый соответственно.

В целом чугун, выбранный для данной станочной детали, должен обеспечивать: 1) заданную прочность на разрыв σ_b в стенках толщиной δ ; 2) заданную твердость HB при оптимальной микроструктуре в направляющих приведенной толщины R ; 3) степень эвтектичности, необходимую для изготовления бездефектной отливки с приведенным габаритным размером N при толщине стенок δ ; 4) отсутствие отбела в стенке толщиной δ .

Марка по ГОСТ 1412—85, определяемая прочностью чугуна в технологических пробах диаметром 30 мм, неоднозначно связана со всеми его перечисленными свойствами. Поэтому для оценки качества чугуна как литейного конструкционного сплава для станкостроения разработан относительный показатель качества $K_{\text{ч.с.}}$, учитывающий комплекс его эксплуатационных и литейно-технологических свойств.

В качестве примера на рис. 1 приведены рассчитанные зависимости необходимого значения $K_{\text{ч.с.}}$ от толщины δ необрабатываемых стенок при условиях, указанных в табл. 1. Характерная для станочных отливок зона заштрихована.

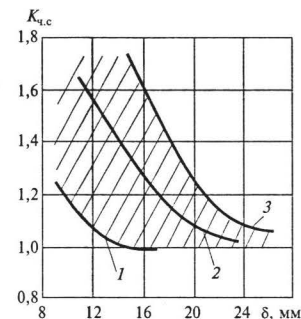


Рис. 1. Зависимости комплексного показателя $K_{\text{ч.с.}}$ качества чугуна от толщины δ необрабатываемых стенок отливки при твердости 180 HB (условия для кривых 1—3 см. в табл. 1)

Таблица 1

Кривая на рис. 1	R , мм	N , м
1	10	1
2	20	2
3	30	3

Приведенные графики наглядно свидетельствуют о том, что при уменьшении толщины стенок повышаются требования к качеству чугуна, причем в тем большей степени, чем больше толщина R направляющих. В то же время при данной толщине стенок уменьшение толщины направляющих снижает требуемый уровень качества чугуна.

Горизонтальные участки графиков соответствуют толщине стенок, при которой качество чугуна определяется только размерами R и N . В этом отношении необходимое для данной отливки значение $K_{\text{ч.с.}}$ может служить показателем технологичности ее конструкции, потому что технологичность литой детали также следует оценивать комплексно, по совокупности конструктивных параметров и предъявляемых технических требований.

Таким образом, расчет $K_{\text{ч.с.}}$ (например, по графикам, подобным рис. 1) позволяет оценить технологичность отливки, а также необходимый общий уровень качества чугуна. Затем следует выбрать вид чугуна и его конкретную марку.

Разработан комплекс способов, обеспечивающих выполнение технических требований к чугуну, предназначенному для отливок базовых деталей станков. Этот комплекс включает в себя следующее.

1. Оптимизацию химического состава чугуна по основным элементам, что позволяет существенно повысить уровень его эксплуатационных и литейно-технологических свойств без применения легирования и модифицирования.

2. Различные варианты легирования чугуна для наиболее сложных и ответственных отливок, обеспечивающие необходимую твердость чугуна в массивных направляющих при чисто перлитной металлической основе без образования включений карбидного типа.

3. Способы охлаждения отливок базовых деталей тяжелых сплавов в литейных формах.

Так, применение "мягких" холодильников (шпильчатых или ребристых с песчаной набивкой) обеспечивает в массивных направляющих оптимальную микроструктуру чугуна по металлической основе и включениям графита. Наиболее эффективно такое комплексное воздействие на охлаждение тяжелых отливок в форме, при котором первичная микроструктура чугуна обеспечивается благодаря "мягким" холодильникам, а вторичная — путем искусственного охлаждения при эвтектоидном превращении чугуна.

Важной проблемой является возникновение внутренних (временных и остаточных) напряжений в чугунных отливках и, как результат, их разрушение и коробление. Внутренние напряжения в отливках образуются в основном из-за неравномерного охлаждения, неоднородности структуры чугуна и сопротивления песчаных стержней усадке отливок. Коробление отливок может происходить в литейной форме, быть результатом механической обработки или длительного воздействия остаточных напряжений, а также нагрева.

В целях предотвращения коробления литых базовых деталей станков при длительном воздействии остаточных напряжений разработан комплекс методов их старения (табл. 2). Для каждого метода выявлен механизм стабилизации формы и размеров отливок и определены основные технологические параметры и области применения.

Разработан последовательно-численный метод расчета напряжений, возникающих в чугунных станочных отливках типа балок в процессе их охлаждения в литейных формах; получены необходимые для расчета экспериментальные данные. Метод реализован на ЭВМ и экспериментально проверен на литых образцах и тяжелых отливках базовых деталей станков.

¹ Шевчук С. А. Чугун в станкостроении. — М.: Компания "Спутник+", 2007. — 537 с.

Таблица 2

Метод старения	Основной фактор механизма стабилизации	Основные технологические параметры процессов старения
Естественное старение	Упрочнение металлической основы чугуна	Длительность процесса
Механические методы		
Статическая перегрузка	То же	Соотношение прилагаемых и остаточных напряжений; длительность и число нагружений
Вибрационное старение	То же	Соотношение прилагаемых циклических и остаточных напряжений; длительность вибрации
Термические методы		
Высокотемпературное старение	Снижение остаточных напряжений	Температура нагрева; длительность выдержки; скорость охлаждения
Низкотемпературное старение	Упрочнение металлической основы чугуна	Температура нагрева; длительность выдержки
Термический удар	Снижение остаточных напряжений; упрочнение металлической основы чугуна	Температура и скорость нагрева; длительность выдержки

В качестве примера на рис. 2 приведена эпюра остаточных напряжений в отливке стойки массой 40 т продольно-строгального станка.

Из эпюры, в частности, видно, что максимальное значение опасных растягивающих напряжений в отливке не превышает 37 МПа, или $0,2\sigma_b$. Поэтому данная отливка не склонна к образованию трещин, что свидетельствует о технологичности ее конструкции.

На основе анализа и обобщения результатов расчетов напряжений в чугунных станочных отливках массой 0,5–46 т выявлены основные факторы, влияющие на образование напряжений, и разработан инженерный метод расчета технологичности конструкции отливок базовых деталей тяжелых станков, который включает в себя расчет оптимальной длительности выдержки отливок в литейных формах и минимально необходимых сроков естественного старения отливок. Указанные расчеты производят по чертежу отливки.

Для примера на рис. 3 приведены графики зависимости минимально необходимой длительности

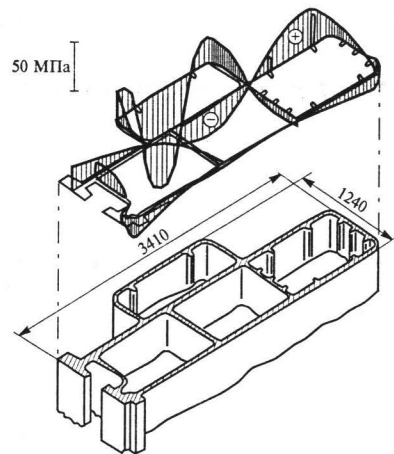


Рис. 2. Эпюра остаточных напряжений в отливке стойки продольно-строгального станка

сти τ естественного старения отливок от критерия $k = K_{тр}/[K_{тр}]$ для станков разных классов точности (здесь $K_{тр}$ — показатель склонности отливок к образованию трещин; $[K_{тр}]$ — его допустимое значение). Значение k рассчитывают по чертежу отливки.

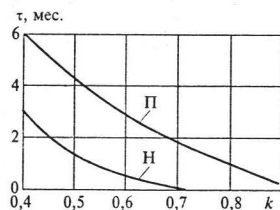


Рис. 3. Зависимости минимально необходимой длительности τ естественного старения отливок от критерия точности k для станков классов точности Н и П

Согласно действующей нормативно-технической документации естественное старение отливок деталей станков класса точности Н должно продолжаться 3 мес., а отливка для станков класса П — 6 мес. Но, как следует из рис. 3, например при $k = 0,7$ старение отливок для станков класса Н может быть исключено вообще, а для станков класса П длительность старения можно сократить до 2 мес, т. е. в 3 раза.

Все рассмотренные разработки широко и успешно испытаны в условиях производства.

“Библиотека Машиностроителя”

www.lib-bkm.ru