

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ ОТВЕТСТВЕННОЙ ОТЛИВКИ «КОРПУС» ИЗ ХРОМОМОЛИБДЕНОВОЙ СТАЛИ 35ХМЛ ДЛЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Автор: Данкович Д.С

Ключевые слова: сталь 35ХМЛ, хромомолибденовая сталь, литьё в ХТС, литниково-питающая система, фурановая смола, 3D-печать оснастки, технологичность, нормализация с отпуском, контроль качества, промышленная экология.

Данная работа представляет собой полномасштабное исследование и проектирование законченного технологического процесса (ТП) серийного изготовления литой детали «Корпус» из конструкционной легированной хромомолибденовой стали 35ХМЛ. Актуальность работы обусловлена широким применением данной марки стали для ответственных деталей (корпусов, шестерён, валов), работающих в условиях высоких динамических и знакопеременных нагрузок, а также при умеренно повышенных температурах, где критически важны сочетание высокой прочности, вязкости и сопротивления ползучести.

Исследование охватывает полный технологический цикл, от критического анализа чертежа детали до разработки мероприятий по экологической безопасности производства. В качестве основного метода формообразования выбран современный способ **литья в разовые песчано-смоляные холоднотвердеющие формы (ХТС)**, сочетающий высокую точность, хорошую чистоту поверхности и технологическую гибкость.

На основе детального анализа конструкции по десяти признакам отливка классифицирована как деталь **2-й группы сложности**. Выявлено основное технологическое противоречие: конструкция не обеспечивает направленного затвердевания, что предопределяет необходимость применения специально рассчитанной литниково-питающей системы для компенсации усадки.

Методом инженерного расчёта по формуле Озана-Диттера определены параметры **литниково-питающей системы (ЛПС)**. Установлено минимальное (лимитирующее) сечение 5.0 см².

Оптимизированное соотношение площадей сечений элементов системы: питатель : шлакоуловитель : стояк = **1.0 : 1.2 : 1.2**.

Предложена инновационная для условий серийного производства схема изготовления модельной оснастки с использованием **аддитивных технологий (3D-печати)**. Оснастка спроектирована в САПР Kompas-3D и адаптирована для изготовления на фотополимерном принтере, что существенно сокращает сроки и стоимость подготовки производства.

Проведён обоснованный подбор составов формовочных и стержневых смесей. В качестве связующего выбрана высокофурановая смола «Резоформ® X850 TN012» с низким содержанием азота и отсутствием свободного фенола, что повышает экологичность процесса.

Разработана детальная технология выплавки стали 35ХМЛ в индукционной печи, включающая шихтовку с учётом коэффициентов усвоения элементов, постадийные режимы окисления и раскисления, обеспечивающие получение металла с регламентированным химическим составом по ГОСТ 977-88 и температурой заливки ~1580 °C.

На основе анализа влияния легирующих элементов (Cr, Mo) разработан и обоснован режим термической обработки отливок: **нормализация при 860–880°C с последующим высоким отпуском при 660–680°C**, направленный на достижение оптимального комплекса механических свойств (прочность, вязкость, снятие напряжений).

Внедрена многоуровневая система контроля качества, интегрирующая операционный и выходной контроль, включая современные методы спектрального и металлографического анализа.

Разработан комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на минимизацию профессиональных рисков и снижение экологической нагрузки, включая проект системы оборотного водоснабжения и газоочистки.