

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 розовые 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® Х850 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 °С.

На основе анализа влияния легирующих элементов (Cr, Mo) разработан и обоснован режим термической обработки отливок: **нормализация при 860–880°С с последующим высоким отпуском при 660–680°С**, 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.