

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЯЧИХ ТРЕЩИН В СТАЛЬНЫХ ФАСОННЫХ ОТЛИВКАХ

В.В. Десницкий, Е.О. Ольховик

Институт Машиностроения (ВТУЗ-ЛМЗ), г. Санкт-Петербург, Россия

Критерием оценки образования горячих трещин является объемная деформация локального участка металла отливки, величина которой превышает некоторую критическую. Компенсация усадочных деформаций в отливке возможна технологическими средствами, что является предметом экспериментального поиска или вычисления. Фасонные отливки нефтегазовой арматуры представляют собой набор тел вращения различного диаметра и толщины, которые затвердевают и претерпевают объемную усадку совместно. Затвердевание металла тонкого и толстого фланцев отливки происходит с различной скоростью и, следовательно, усадка этих конструктивных элементов происходит с различной скоростью. На практике тонкие сечения отливки стремятся оторваться от более массивных, возникают растягивающие напряжения и горячее растрескивание происходит на участке с самыми низкими упругими свойствами металла. Расчет развития усадочных деформаций металла отливки может быть выполнен при решении задачи затвердевания с использованием методов теории тер-

моупругости. Расчетная скорость затвердевания металла совместно с долей твердой фазы будет определять некоторую поверхностную скорость, расхождение которой между слоями определяет показатели механического деформирования, то есть:

$$\nabla \cdot (f_s v_s) = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z \quad (1)$$

где ε -деформация, f -количество твердой фазы, v -скорость затвердевания. Соотношение (1) определяет механический вклад в усадочные напряжения, интегрируя его по времени, можно определить развитие объемных напряжений. Моделирование в таком виде не содержит явной связи с температурой, параметрами структуры металла или другими свойствами, связанными со структурой двухфазной зоны, что обеспечивает только факт инициирования горячей трещины, но не предсказывает развитие или геометрию трещины в затвердевшей отливке. Таким образом, разработанная модель позволяет определить ее вероятное месторасположение. Пример подобного расчета усадочных деформаций представлен на рис. 1.

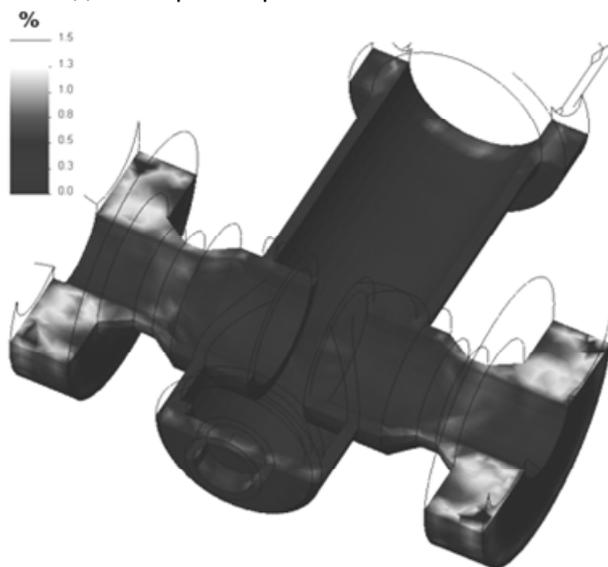


Рисунок 1 - Расчетное распределение деформаций в сечении отливки корпуса запорно-распределительной арматуры, сталь 25Л

В монографии [1] приведены данные об исследовании упругих свойств углеродистой стали и материалов формы в диапазоне температуры затвердевания. Используя температурную зависимость модулей упругости металла и формы, рассчитываются действующие напряжения в затвердевающей отливке (рис. 2). Наибольшие значения интенсивности напряжений были выявлены в месте перехода от бокового фланца к корпусу, там, где обычно происходит горячее

растрескивание в отливках.

Наиболее эффективным методом предупреждения образования горячих трещин является создание необходимого температурного режима затвердевания металла отливки, для этого надо выровнять продолжительность затвердевания различных участков отливки, большая величина перепада времени затвердевания оценивается критерием направленности затвердевания.

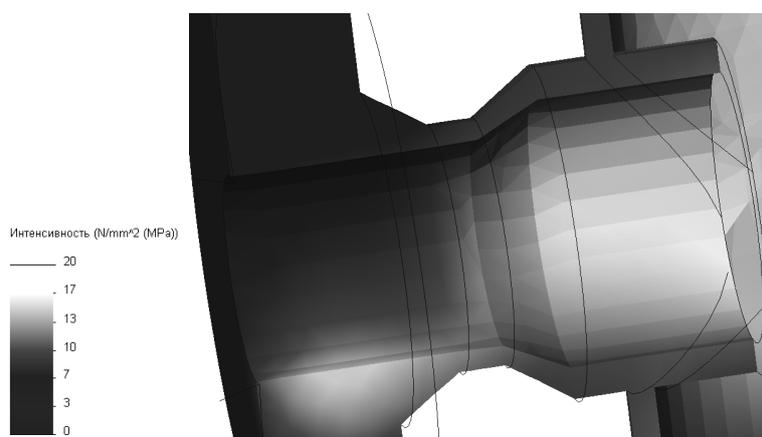


Рисунок 2 - Развитие усадочных напряжений к моменту затвердевания металла отливки

В этом случае используем набор критериев: скорость затвердевания, градиент продолжительности затвердевания и критерий величины объемной усадки. Величины критериев определяют локальные области отливки для технологических изменений. По аналогии с методом вычисления оптимальных условий питания [2] поиск средств управления затвердеванием выполняется путем замены одного участка формы на другой с более высокими значениями теплофизических свойств, что будет соответствовать установке холодильников, экзотермических вставок и т.п. После изменения термической обстановки в форме производится повторный расчет затвердевания, развития усадочных деформаций и напряжений. Этот итерационный процесс можно продолжать до тех пор, пока деформационные критерии не станут ниже критических. Однако, изменений только тепловых условий в форме может оказаться недостаточным, значительные перепады толщин требуют местного захлаживания (утепления) и возмож-

но применения других средств, влияющих на деформационные процессы. Например, можно изменять радиусные переходы или «наращивать» усадочные ребра, изменять податливость формы. Таким образом, на основе расчетов выполняется локальное изменение литейной технологии, направленное на создание в отливке условия затвердевания, исключающих образование горячих трещин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев И.А., Молчанюк Р.А., Десницкая Л.В., Ольховик Е.О. Моделирование напряженно-деформированного состояния стальных отливок в период образования горячих трещин: Монография. Изд-во Санкт-Петербургского института машиностроения, 2006 г. – 175 стр.
2. Ольховик Е.О., Десницкий В.В. Разработка методов автоматизированного проектирования литейной технологии изготовления отливок. Заготовительные производства в машиностроении. Изд.: Машиностроение, №4, 7-10 стр., 2006г.