

УДК 621.74.019

А.Д. Яковлев, Д.О. Пустовалов, А.М. Овчинников
A.D. Yakovlev, D.O. Pustovalov, A.M. Ovchinnikov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

ВЛИЯНИЕ ВСЕСТОРОННЕГО ГАЗОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА ГОРЯЧЕЛОМКОСТЬ ОТЛИВОК

OVERALL EFFECT GAS PRESSURE CASTING HOT BRITTLENESS

Рассмотрены результаты моделирования программным комплексом ProCast заливки алюминиевого сплава в кокиль при всестороннем газовом давлении 1,5 и 10 атм, а также возникающих в процессе заливки напряжений и вероятных мест образования горячих трещин.

The results of the simulation software package ProCast casting aluminum alloy in a metal mold with the full gas pressure of 1,5 and 10 atm, as well as arising in the process of casting stress and likely locations of hot cracking.

Ключевые слова: всестороннее газовое давление, горячеломкость, ProCast, литье алюминия, напряжения, горячие трещины.

Keywords: full gas pressure, hot brittleness, ProCast, aluminum castings, pressure, hot cracks.

Постоянная модернизация оборудования и изобретение новых методов литья существенно расширяют возможности литейной промышленности. Однако наряду с прогрессом растут и требования к качеству получаемых отливок, которое не всегда идеально.

Большую часть потерь в производстве составляют потери от брака и затраты на исправление дефектов. Основными причинами брака отливок являются горячие трещины, газовые и усадочные раковины, причем горячие трещины являются одним из наиболее распространенных и трудноустраняемых литейных дефектов.

Склонность отливок к образованию горячих трещин обусловливается наряду с другими факторами способностью сплава деформироваться в температурном интервале хрупкости в твердожидком состоянии. Для уменьшения горячеломкости отливок следует в большинстве случаев увеличивать пластичность сплава в интервале температур образования этого дефекта.

Увеличению пластичности сплава в начальный период формирования отливки отчасти способствует всестороннее газовое давление, когда предел текучести материала затвердевающей корки еще очень низок и соизмерим с величиной прилагаемого давления газа.

При заливке сплава в металлическую форму газовое давление, создаваемое в автоклаве, воздействует на жидкий металл только через участки отливки, не контактирующие с формой [1].

В работе [2] было произведено первоначальное моделирование процесса заливки и затвердевания образца при различном всестороннем давлении. Моделирование производилось в программном комплексе ProCast.

На первом этапе было проведено моделирование образца согласно с пробой Трубицина, но вместо разовой песчано-глинистой формы использовался металлический кокиль (рис. 1). В ранее опубликованных работах была выявлена закономерность снижения горячеломкости на данных образцах при повышении давления до 5 атм. Исследования при давлении свыше 5 атм не проводились.

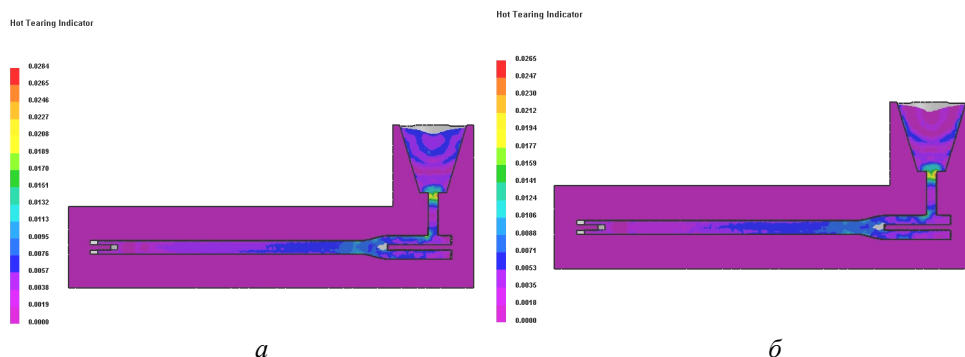


Рис. 1. Результаты моделирования образца: *а* – при всестороннем газовом давлении 1 атм; *б* – при всестороннем газовом давлении 5 атм

Соотношение результатов моделирования и полученных данных в работе [3] показало, что с помощью программного комплекса ProCast иллюстрируется принцип снижения горячеломкости при повышении давления до 5 атм. Следующим этапом стало моделирование процесса заливки и кристаллизации при всестороннем газовом давлении 10 атм (рис. 2).

По результатам моделирования при 10 атм вероятность образования горячих трещин столь мала, что программный комплекс ProCast не показал зон их образования. Таким образом, можно сделать выводы: 1) всестороннее газовое давление свыше 5 атм может оказать положительное влияние на снижение горячеломкости сплавов; 2) применение программного комплекса ProCast допустимо для моделирования данных процессов, поскольку резуль-

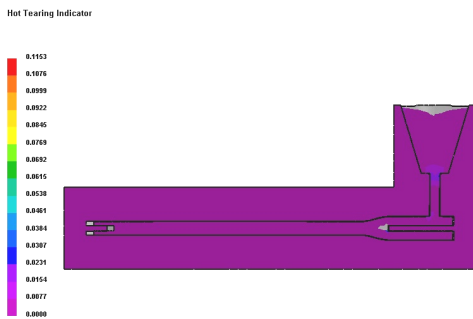


Рис. 2. Результаты моделирования образца при всестороннем газовом давлении 10 атм

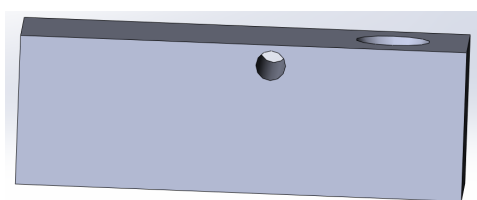


Рис. 3. Модель кокиля

программы, в конструкцию модели были внесены некоторые изменения, затронувшие только саму металлическую форму (рис. 3). Создано дополнительное отверстие, предназначенное для установки дополнительного компонента, введенного для того, чтобы при расчетах указывать его как статически неопределимый. Данная мера была принята из-за особенностей программы, так как в ней по умолчанию любой объект не имеет никакой привязки в пространстве. Дополнительный стержень позволил задать кокиль как статически определимый объект, выступая отсчетной точкой для программы. Как следствие, в процессе моделирования заливки кокиль начал воспринимать нагрузку (рис. 4).

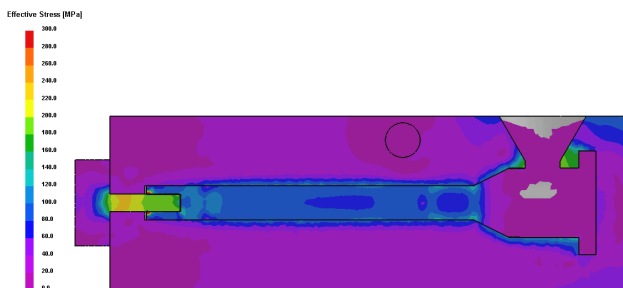


Рис. 4. Распределение напряжений в процессе заливки

таты моделирования совпадают с экспериментальными данными полученными ранее.

При дальнейшем анализе работы было выявлено несколько неточностей, а именно то, что в процессе моделирования программа считала кокиль статически неопределимым, а следовательно, не могла просчитывать воспринимаемую им нагрузку и возникаемые при этом напряжения. Как следствие, часть напряжений кокиля при моделировании переходила в дополнительные напряжения в отливке, что вело к не совсем достоверным результатам исследования.

Для того чтобы сделать кокиль статически определимым для про-

Проделанные изменения не особенно повлияли на основные результаты исследования, но позволили получать более точные сведения, кроме того, появилась возможность изучать напряжения, возникающие в форме и других компонентах модели при затвердевании металла, что до этого момента не представлялось возможным.

Список литературы

1. Развитие прогрессивных процессов литья: тез. докл. IX науч.-техн. конф. литейщиков Зап. Урала. – Пермь, 1974. – С. 16–17.

2. Пустовалов Д.О., Яковлев А.Д., Овчинников А.М. Влияние всестороннего газового давления на горячеломкость отливок // Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки: материалы II междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 28–29 нояб. 2013 г. – М., 2013. – С. 143–145.

3. Свойства сплавов и технология специальных способов литья: сб. науч. тр. № 168 / Перм. политехн. ин-т. – Пермь, 1975. – С. 153–159.

Получено 19.03.2014

Овчинников Антон Михайлович – магистрант, ПНИПУ, МТФ, гр. ТЛП-13м-1, e-mail: detali@pstu.ru.

Яковлев Андрей Дмитриевич – магистрант, ПНИПУ, МТФ, гр. ТЛП-13м-1, e-mail: detali@pstu.ru.

Пустовалов Дмитрий Олегович – аспирант, ПНИПУ, МТФ, e-mail: pustovalov.dmitrii@inbox.ru.