

МИКРОСТРУКТУРА И СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Скомороха Д.П.,

Научный руководитель Ларионова Н.В.

Сибирский федеральный университет

Применение электрошлакового кокильного литья для получения фасонных отливок из теплостойких штамповых сталей ограничено, прежде всего, существенным различием микроструктуры и, как следствие свойств, на периферии и в центральной части отливки. Это результат кинетики кристаллизации в кокиле. Применение различных приемов при литье, таких как модифицирование, отсечка шлака при заливке металла в кокиль, уменьшают отрицательное проявление этого явления. Однако, в центральной части отливки остаются дефекты в виде несплошности и газоусадочной пористости.

В данной работе было проведено комплексное воздействие в условиях электрошлакового кокильного литья (ЭКЛ) при получении отливок из стали 4X5MΦC. Часть отливок была изготовлена по обычной технологии ЭКЛ (№ 1), часть с использованием комплексного модификатора TiCN (наночастицы) + Mo + Ce (№2), часть с использованием модификатора и кокиля, конструкция которого позволяла изменять направление теплоотвода в процессе кристаллизации отливки (№ 3) и часть с использованием литья с отсечкой шлака плюс модифицирование (№ 4).

Отливки, полученные по обычной технологии (№ 1), имеют четко выраженное различие микроструктуры по сечению, а в верхней части наблюдается значительная несплошность и большое количество газоусадочных пор. В отливках, полученных с применением модификатора (№ 2), микроструктура достаточно дисперсная и однородная по всему сечению. Однако в верхней части также наблюдаются дефекты газоусадочного происхождения. Отливки при получении которых применялись модификаторы и специальный кокиль (№ 3) имеют дисперсную и однородную структуры, верхняя часть имеет практически плоский вид и небольшое количество дефектов, которые сосредоточены в приповерхностной зоне. Отливки, которые получали по методике № 4 имеют дисперсное строение, однако в них образуется четко выраженная усадочная раковина.

В результате модифицирования за счет изменения микроструктуры существенно повышаются механические свойства и снижается зональная анизотропия. Однако, такие дефекты, как центральная пористость и несплошность металла, остаются. Это приводит к необходимости увеличения прибыли и как следствие уменьшению коэффициента использования металла. Одним из способов уменьшения этого отрицательного фактора является управление кристаллизацией за счет изменения скорости охлаждения в различных частях кокиля и формы фронта кристаллизации. Это может быть реализовано путем применения кокилей специальной конструкции. В условиях ЭКЛ процесс заливки чаще всего осуществляется путем перелива жидкого металла из тигля в прикрепленный к нему кокиль. Металл совместно со шлаком попадает в полость кокиля, при этом шлак, вытесняясь металлом, после полной заливки образует в верхней части кокиля тепловую насадку, толщина которой может регулироваться в широких пределах. Шлак, соприкасаясь со стенками кокиля, образует гарнисаж толщина которого зависит от массы, температуры и скорости заливки металла, материала, толщины стенок и температуры кокиля. Гарнисаж из-за низкой теплопроводности приводит к существенному выравниванию теплового поля в отливке

в процессе охлаждения. Степень переохлаждения уменьшается, а наличие тепловой насадки способствует выравниванию фронта кристаллизации. Замедленное охлаждение после кристаллизации приводит к росту зерна, что сказывается на ухудшении механических свойств. Модифицирование наночастицами значительно подавляет рост зерна.

В случае, когда металл заливается с отсечкой шлака, он попадает в кокиль в последнюю очередь, образуя также тепловую насадку. В данном случае гарнисаж не образуется, и жидкий металл первоначально соприкасается со стенками кокиля. В процессе кристаллизации и дальнейшего охлаждения образуется воздушный зазор, который оказывает значительное влияние на тепловое поле отливки. В результате может возникать транскристаллитная структура, которая во многом определяется условиями литья и конструкцией кокиля.

Образцы для механических испытаний вырезались во всех отливках из аналогичных зон, чтобы исключить влияние зональной анизотропии, если она возникает при каком-либо виде литья. Механические свойства образцов, изготовленных из отливок, полученных по разным технологиям, определялись после термической обработки, обеспечивающей твердость HRC 47-48 (табл. 1).

Можно отчетливо наблюдать, что механические свойства отливок существенно различаются. Наиболее высоким комплексом свойств обладают отливки, полученные по технологии № 2 и № 3. Следует отметить, что дефектная зона в отливках, полученных по технологии № 3 имеет минимальную толщину.

Выводы: Применение электрошлакового кокильного литья с использованием кокиля специальной конструкции и модифицирования металла позволяет получать отливки с высоким комплексом механических свойств.

Можно отчетливо наблюдать, что механические свойства отливок, полученных по разным технологиям существенно различаются, так у отливок, которые были получены по первой технологии σ_b составляет 130,8, по второй – 143,3, по третьей-163,9 и по четвертой-154,2 МПа соответственно. Повышение прочности не приводит к снижению пластичности, а ударная вязкость достигает максимальных значений для третьей технологии и составляет 0,28 МДж/м².

Выводы: Применение электрошлакового кокильного литья с использованием кокиля специальной конструкции и модифицирования металла позволяет получать отливки с высоким комплексом механических свойств.

Приложение 1

Таблица 1

Механические свойства образцов, изготовленных из отливок, полученных по разным технологиям

№ технологии	σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %	KCU, МДж/м ²
1	130,8	109,4	5,6	10,2	0,16
2	143,3	129,4	5,1	14,6	0,22
3	163,9	134,6	9,7	26,8	0,28
4	154,2	130,5	3,3	6,0	0,18